Los materiales de la civilización

29
LA CIENCIA PARA TODOS

FÍSICA

CARLOS E. RANGEL NAFAILE

cfe

Los materiales de la civilización

29
LA CIENCIA PARA TODOS

FÍSICA

CARLOS E. RANGEL NAFAILE

cfe

La Ciencia

para Todos

Desde el nacimiento de la colección de divulgación científica del Fondo de Cultura Económica en 1986, ésta ha mantenido un ritmo siempre ascendente que ha superado las aspiraciones de las personas e instituciones que la hicieron posible. Los científicos siempre han aportado material, con lo que han sumado a su trabajo la incursión en un campo nuevo: escribir de modo que los temas más complejos y casi inaccesibles puedan ser entendidos por los estudiantes y los lectores sin formación científica.

A los diez años de este fructífero trabajo se dio un paso adelante, que consistió en abrir la colección a los creadores de la ciencia que se piensa y crea en todos los ámbitos de la lengua española —y ahora también del portugués—, razón por la cual tomó el nombre de La Ciencia para Todos.

Del Río Bravo al Cabo de Hornos y, a través del mar Océano, a la Península Ibérica, está en marcha un ejército integrado por un vasto número de investigadores, científicos y técnicos, que extienden sus actividades por todos los campos de la ciencia moderna, disciplina que se encuentra en plena revolución y continuamente va cambiando nuestra forma de pensar y observar cuanto nos rodea.

La internacionalización de La Ciencia para Todos no es sólo en extensión sino en profundidad. Es necesario pensar una ciencia en nuestros idiomas que, de acuerdo con nuestra tradición humanista, crezca sin olvidar al hombre, que es, en última instancia, su fin. Y, en consecuencia, su propósito principal es poner el pensamiento científico en manos de nuestros jóvenes, quienes, al llegar su turno, crearán una ciencia que, sin desdeñar a ninguna otra, lleve la impronta de nuestros pueblos.

LOS MATERIALES DE LA CIVILIZACIÓN

Comité de selección de obras

Dr. Antonio Alonso

Dr. Francisco Bolívar Zapata

Dr. Javier Bracho

Dra. Rosalinda Contreras

Dr. Jorge Flores Valdés

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Adolfo Guzmán Arenas

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Jaime Martuscelli

Dra. Isaura Meza

Dr. José Luis Morán

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Ruy Pérez Tamayo

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Alfonso Serrano

Dr. Guillermo Soberón

Dr. Elías Trabulse

Coordinadora

María del Carmen Farías

Carlos E. Rangel Nafaile

LOS MATERIALES
DE LA CIVILIZACIÓN

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

La Ciencia para Todos / 29

Primera edición (La Ciencia desde México), 1987

Segunda edición (La Ciencia para Todos), 1997

Tercera edición, 2003

Segunda reimpresión, 2011

Primera edición electrónica, 2015

Diseño de portada: León Muñoz / Teresa Guzmán

La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1987, Fondo de Cultura Económica

Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 México, D. F.

Empresa certificada ISO 9001:2008

www.fondodeculturaeconomica.com

Comentarios:

laciencia@fondodeculturaeconomica.com

Tel. (55) 5227-4672

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio. Todos los contenidos que se incluyen, tales como características tipográficas y de diagramación, textos, gráficos, logotipos, iconos, imágenes, etc., son propiedad exclusiva del Fondo de Cultura Económica y están protegidos por las leyes mexicanas e internacionales del copyright o derecho de autor.

ISBN 978-607-16-3074-2 (ePub)

Hecho en México - Made in Mexico

I. ¿Qué son los materiales?

Vivo sin vivir en mí

y tan alta vida espero

que muero porque no muero.

SANTA TERESA

INTRODUCCIÓN

EN EL PRESENTE libro se recopilan elementos geográficos, sociales, económicos y, principalmente, datos científicos y tecnológicos con el fin de fundamentar el arraigo y la trascendencia de los materiales en la historia de la civilización. Con este objetivo se ha buscado que las páginas que componen el texto muestren con la mayor claridad posible los argumentos que sustentan cada caso. Debido a lo amplio y generalizado del tema, en ocasiones se recurre a ejemplos particularizados para no dejar ambigüedades ni abstracciones en los razonamientos manejados.

El cuerpo de la información está organizado en subtemas desarrollados en capítulos que cubren de manera panorámica los aspectos más importantes de la interacción de los materiales con la civilización. Cada subtema fundamenta explícitamente un concepto particular necesario para la discusión.

Se busca así presentar la información y fundamentar el examen partiendo de lo más general para luego profundizar hacia lo más particular en una secuencia lógica. Con este sistema, el primer capítulo sirve de bosquejo, de marco de referencia y de presentación generalizada de la mayor parte de la información que se vierte en los demás capítulos.

La tesis principal de esta obra es fundamentar que el uso de la materia por el hombre ha sido la actividad inspiradora de la civilización. Asimismo, se muestra de paso que la existencia y comportamiento social del hombre en todas las épocas de su historia ha estado ligado a la manipulación de los materiales; que en su afán de obtener los mejores para elevar su calidad de vida, el hombre ha enfrentado, en muchos casos exitosamente, los problemas que implica la sustitución de materiales agotados o de difícil elaboración por otros más adecuados y de más fácil obtención.

Los orígenes de la utilización de los materiales no pueden precisarse con certidumbre tanto en lo temporal como en lo geográfico, mas la evidencia presente apunta a mostrar que el desarrollo de la cultura alrededor de los materiales ha elevado al hombre sistemáticamente en la escala de la civilización.

Dentro de la época que nos ha tocado vivir podemos percatarnos de que, en la medida en la que son mayores en número las necesidades humanas impuestas por un estilo de vida, mayor es la utilización que se da a todo tipo de materiales. No es difícil reconocer que en la vida urbana de hoy en día se consumen muchos más materiales que en la vida rural o agrícola que enfrentaron nuestros antepasados de unos cuantos siglos atrás. Uno de los aspectos más relevantes del libro será mostrar la secuencia de esta evolución.

Por otra parte, a un lado de las imprecisiones del dónde y cuándo se originaron los materiales, también conviene meditar sobre el futuro de ellos.

Fundamentalmente bajo este enfoque, y para entrar en materia, el primer concepto que deberá precisarse es lo que se entiende por un material.

¿QUÉ ES UN MATERIAL?

Todos tenemos alguna vaga idea de lo que es o lo que representa un material. Un concepto intuitivo e inmediato es la aceptación de que un material es la sustancia o elemento utilizado para fabricar un objeto. Otra alternativa es admitir que es la sustancia de la que está hecho un objeto.

Cualquiera de ambas ideas resulta lógica y aceptable. De hecho, de ninguna de ellas se tienen objeciones para no adoptarlas como definición de lo que representa un material. Sin embargo, para marcar la tónica y la filosofía de este libro, no debería comenzarse la discusión del tema con indefiniciones y ambigüedades de este tipo y menos sobre este punto central precisamente.

Así, es necesario precisar con la mayor claridad el significado que se le atribuye a lo que es un material sin recurrir a la retórica. Definiremos entonces a un material como la porción de materia a la que se le da un uso particular para desarrollar una actividad específica.

De manera llana y resumida, la figura 1 presenta esquemáticamente

la convención adoptada en este libro para designar a un material con sus elementos clave. De ella puede sacarse en conclusión que esencialmente son materia y uso los elementos fundamentales para designarlo sin ambigüedades ni confusiones.

Bajo la convención “(materia) + (uso) = (material)” caben, como ejemplo, la madera destinada a la elaboración de muebles, la arena para preparar concreto, la sal común para condimentar nuestros alimentos, etcétera.

Para todo propósito práctico, se aceptará que la materia existe en nuestro planeta constituida por miríadas de conglomerados microscópicos de átomos y moléculas que forman los cuerpos macroscópicos de sus continentes, océanos y atmósfera.

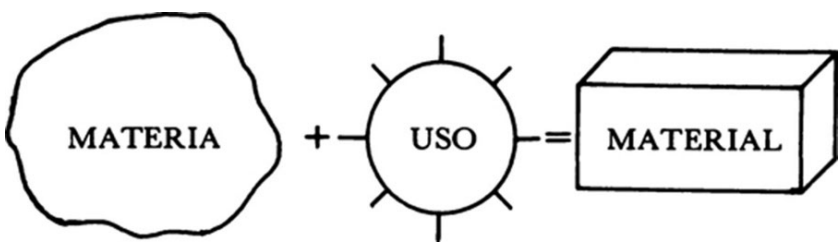


FIGURA 1. Representación esquemática de la definición de material.

Como el planeta Tierra ha sido la única morada de los humanos hasta la fecha, éste ha proveído toda la materia requerida para confeccionar los artefactos de la civilización. Con este propósito, la materia que presenta características de poder ser utilizada dentro del planeta ha sido catalogada como recurso renovable o recurso no renovable conforme a lo que se explica a continuación.

Para clasificar como recurso renovable o no renovable a la materia utilizable que existe en la Tierra en una cantidad x al tiempo t, es necesario conocer tres elementos importantes:

1) La cantidad original del recurso al momento de empezar su explotación (esta cantidad será designada por x0).

2) La rapidez de consumo y/o pérdida del recurso (parámetro designado por la literal b).

3) La rapidez de generación del recurso (parámetro designado por la literal a).

Con la información contenida en los parámetros t, x0, a y b puede representarse a x (cantidad de recurso existente en el planeta al momento t) con expresiones algebraicas que relacionan a las cuatro variables. Por ejemplo, para una definición conceptual sencilla la presentación de una ecuación lineal de x con t es suficiente. En este caso hipotético la relación lineal queda inequívocamente definida para x como función de t si se conocen también x0, a y b, mediante la expresión

$$\mathbf{x = x0 + (a - b)\,t}$$

Del análisis de esta expresión en varios casos particulares se ejemplifican los casos de recursos renovables, no renovables y de

recurso sobreproducido que se comentarán a continuación:

Caso I: representado por la situación en que $a > b$; es decir, la rapidez de regeneración, a, es mayor que la rapidez de consumo o pérdida, b. Esto significa que la cantidad de recurso, x, se incrementa con el paso del tiempo. Esta situación definiría el caso de un recurso sobreproducido.

Caso II: lo representa la situación en la que $a = b$; es decir, la rapidez de generación es igual a la rapidez de consumo o pérdida. En este caso se observaría que la cantidad de recurso x siempre será igual a la cantidad original x0. Esta situación definiría el caso de un recurso renovable.

Caso III: está representado por la situación en que $b > a$; es decir, la rapidez de consumo o pérdida es mayor que la rapidez de regeneración. En este caso se observaría que la cantidad de recurso x disminuye paulatinamente con el paso del tiempo. Esta situación definiría el caso de un recurso no renovable.

Una vez planteado el ejemplo y sus definiciones, se propone como reforzamiento para este concepto otra alternativa de explicación sugerida de manera gráfica para los mismos tres casos discutidos. Con este planteamiento, un diagrama de cantidad de recurso contra tiempo como el presentado en la figura 2 es suficiente.

En esta figura los casos de recurso renovable, no renovable y sobreproducido se representan mediante una recta horizontal, una recta descendente y una recta ascendente, respectivamente. Esta forma en la que muchos materiales han sido clasificados condiciona enteramente el crecimiento demográfico y el avance de la civilización como se discutirá más adelante.

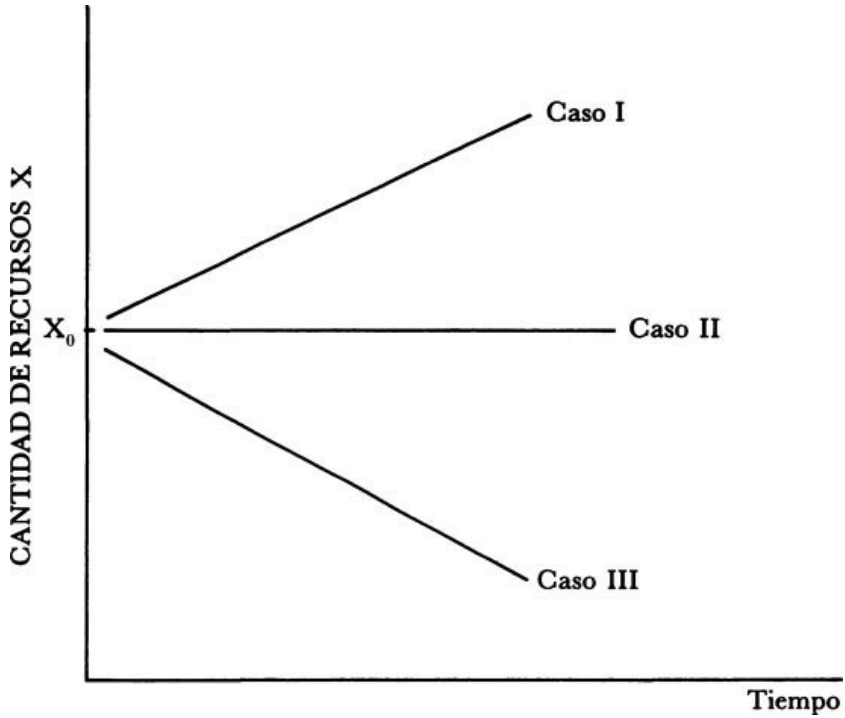


FIGURA 2. Diagrama de la dependencia lineal de la cantidad de recurso contra tiempo, ejemplificando los casos de sobreproducción (caso I); equilibrio entre consumo y generación (caso II) y sobreconsumo (caso III).

Ejemplos muy simplificados pero a la vez importantes profundizarán sobre la información que contiene la figura 2 para apreciar los alcances del diagrama. Con este propósito conviene aplicar esos conceptos al recurso forestal que representan, por ejemplo, los árboles industrializables del tipo de los pinos:

El caso I, o del recurso sobreproducido, sería ideal para las necesidades ecológicas de nuestra Tierra, ya que representaría que el número de pinos en el mundo se estaría incrementando e

indicaría una reforestación con su consecuente beneficio al clima y al abatimiento de la erosión.

El caso II, o del recurso renovable, debería ser el mínimo que la sociedad debería tolerar, ya que significaría que si existe industrialización de los pinos, la población de éstos sería regenerada para evitar situaciones de deterioro ecológico.

El caso III, o del recurso no renovable, es el que desgraciadamente se produce a nivel mundial, y es el que indica que el número de pinos utilizable disminuye con el tiempo. Desde luego que esta situación traerá, además de graves deterioros ecológicos, el agotamiento del recurso en un tiempo futuro.

Comentarios muy semejantes podrían hacerse con respecto a otros recursos biológicos en los que el recurso sobreproducido correspondería a la generación de una plaga, el renovable al equilibrio ecológico y el no renovable a la extinción del recurso. La discusión detallada de estos conceptos es el tema de los capítulos II y III de este libro.

En este punto es conveniente analizar las etapas de duración que tienen los materiales y el conjunto de actividades que organizan su estancia dentro de la civilización. La discusión de este punto está titulada como el ciclo de los materiales.

CICLO DE LOS MATERIALES

Por lo que respecta a los materiales, la Tierra es un sistema cerrado. Esto significa que dentro del planeta los materiales deben cumplir

un ciclo constituido por las etapas de su obtención, su utilización, su despojo y su reincorporación al suelo, subsuelo o atmósfera terrestre.

La figura 3 muestra esquemáticamente y de manera muy simplificada el flujo de materiales en las etapas mencionadas. Conviene advertir que cada una de las etapas del ciclo representa una actividad de gran envergadura que puede llegar a involucrar naciones enteras. Esto permite reconocer que las actividades de la obtención, de la venta o transferencia del procesamiento y de la utilización de los materiales han sido practicadas a nivel mundial y que, por lo tanto, han unido hombres, sociedades y naciones. Simplemente el comercio interno y externo, así como la importación y exportación de materias primas es una actividad trascendental para la existencia de cualquier país.

Otro aspecto que es importante resaltar de esta figura es que, con sus demandas crecientes de materiales, las sociedades actuales se ven forzadas a investigar con más diligencia y cuidado todo lo relativo a ella.

Asimismo, todas las naciones están obligadas a utilizar de manera más consciente y racional sus recursos, ya que las repercusiones que producen su mal uso, desperdicio y descuido afectan el orden y equilibrio del planeta.

Queda sobreentendido, todas las faenas que componen el ciclo de los materiales activan una gran cantidad de operaciones mercantiles y tecnológicas que ayudan a impulsar las economías de todo tipo de organización social. Desde el punto de vista de la producción, intercambio y manufactura de productos y servicios se generan los conceptos de sistema económico y producto nacional bruto.

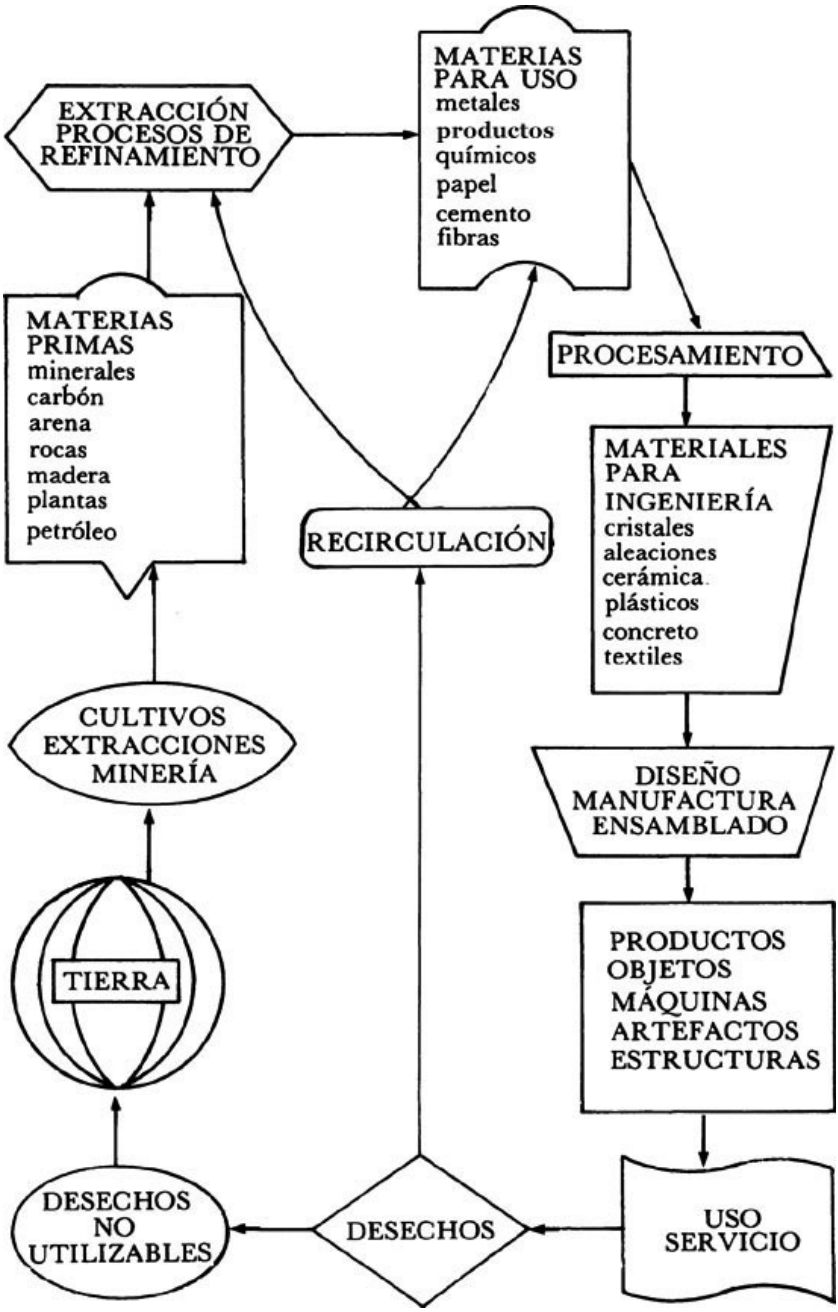

MATERIAS PARA USO
metales
productos químicos
papel
cemento
fibras
EXTRACCIÓN PROCESOS DE REFINAMIENTO
MATERIAS PRIMAS
minerales
carbón
arena
rocas
madera
plantas
petróleo
PROCESAMIENTO
MATERIALES PARA INGENIERÍA
cristales
aleaciones
cerámica
plásticos
concreto
textiles
RECIRCULACIÓN
CULTIVOS EXTRACCIONES MINERÍA
DISEÑO MANUFACTURA ENSAMBLADO
TIERRA
PRODUCTOS OBJETOS MÁQUINAS ARTEFACTOS ESTRUCTURAS
DESECHOS NO UTILIZABLES
DESECHOS
USO SERVICIO

FIGURA 3. Representación esquemática del ciclo de los materiales.

SISTEMA ECONÓMICO Y PRODUCTO NACIONAL BRUTO

Se propone entender por sistema económico, llanamente, a la organización necesaria para producir, intercambiar y consumir todo tipo de bienes (viviendas, transportes, alimentos, utensilios, artefactos, etcétera) y servicios (de educación, de hospitales, de transportación, de comunicación, de seguridad, etcétera).

En cuanto a la producción y su problemática de todo sistema económico, inmediatamente surgen varias interrogantes: ¿qué producir?; ¿cómo producir?; ¿para quién producir?

Indefectiblemente la respuesta adecuada y apropiada para las características del momento que vive la sociedad en cualquiera de sus etapas está íntimamente ligada a las características de los materiales. Es así como la humanidad ha conocido diferentes periodos que han sido bautizados con nombres específicos de materiales como edad de la piedra, edad del bronce, edad del hierro, etcétera. En nuestros días existe la opinión muy generalizada de que atravesamos actualmente por la edad del plástico.

En la utilización de los materiales existe una derrama económica asociada con la compraventa de los mismos. La producción de bienes y servicios dentro de un país tiene un costo determinado, el cual, con fines puramente estadísticos, puede ser dividido o prorrateado anualmente entre todos los habitantes del país.

La cifra obtenida como la suma del valor de todo lo que se ha

producido, más todo lo que se ha vendido en un país durante un año, dividido entre el número total de habitantes, recibe el nombre de producto nacional bruto (PNB). Normalmente se le expresa en unidades de dólares por habitante o su equivalente en dólares per cápita. Por ejemplo, en 1973 el PNB de Suiza fue de 6 591 dólares por habitante, mientras que en ese mismo año el de los Estados Unidos, Alemania Federal, España y México fue de 6 103, 5 570, 1 619 y 892 dólares per cápita, respectivamente.

La importancia que representa el PNB en esta discusión es que las cifras que arroja permiten estimar en abstracto y sin muchos detalles el uso que una nación o país da a sus materiales a través de la producción y de la generación de servicios. Simplemente los países con un alto valor del PNB delimitan a los países desarrollados de los no desarrollados. Este concepto también será utilizado y discutido más específicamente cuando expliquemos la importancia de la ciencia y la tecnología de materiales en el capítulo VII. Por lo pronto, como regla general se observa que todos los países tienden a lograr el óptimo valor posible de PNB para sus economías, además de incrementarlo año con año de manera programada. Puede advertirse que el PNB tiene muchas áreas de influencia en los países civilizados como a continuación se detalla.

Con los mismos enfoques y métodos con los que se ha venido presentando la información es conveniente definir en turno lo que entenderemos por civilización. Estableceremos que civilización es el vocablo que describe las etapas de progreso científico y material caracterizadas en términos de ideas, instituciones físicas y sociales, artes y costumbres de un pueblo o de una comunidad.

Al ser la ciencia un elemento de la civilización, la ciencia misma ha tenido el encargo de mejorar de forma paulatina la utilización de la materia. Además, no debe resultar extraño para nadie el porqué los pueblos más adelantados científicamente hayan competido y compitan por la adjudicación y el usufructo más ventajoso de los

materiales del planeta.

PROBLEMÁTICA DE LOS MATERIALES

De la misma definición de civilización puede entreverse que la interrelación de los materiales con la sociedad ha estado determinada principalmente en las siguientes cinco áreas fundamentales: a) vivienda, b) alimentación, c) energía, d) comercio, y e) cultura.

Todas estas áreas han sido motivo de investigación y de entendimiento para su desarrollo a través del tiempo y desde luego todas están interrelacionadas. La manera en que cada una de estas áreas depende de las otras es muy compleja y requiere de muchos elementos para su análisis y comprensión. Desde luego que para su estudio deberán propiciarse la convergencia tanto de disciplinas técnicas (ciencias naturales y matemáticas), como de otras disciplinas humanísticas (sociología, derecho, etcétera).

No obstante lo complejo que pueda parecer la interrelación de los materiales con la civilización, pueden presentarse algunos de los elementos clave y concisos que permitan entender la problemática técnica asociada con la utilización de la materia y, poco a poco, serán tratadas con mayor detalle cada una de estas áreas.

En lo que a la cultura se refiere, el hombre siempre ha enfrentado su curiosidad contra varios aspectos de la incumbencia del mundo material. Las preguntas que sistemáticamente se han formulado a este respecto son las siguientes: ¿de qué están hechos los materiales?, y ¿cómo es que los materiales adquieren o presentan siempre ciertas propiedades regulares?

Desde un punto de vista técnico, las respuestas parciales pero satisfactorias para algunos casos muy concretos han permitido avances muy útiles y espectaculares, como son los casos de los materiales semiconductores (elementos indispensables de las computadoras), materiales poliméricos (algunos de ellos conocidos como plásticos), y los materiales del futuro que son diseñados a través de la ingeniería genética. Este tema se tratará en el capítulo VI de este libro, pero antes de abandonar el tema de la cultura conviene comentar algo acerca de los materiales y la filosofía.

FILOSOFÍA MATERIALISTA

Indefectiblemente en cualquier periodo de la historia de la humanidad el desarrollo de la ciencia ha influenciado la concepción general del escenario en el que se desenvuelve la vida humana. Esta situación se ha reflejado y comentado profundamente en la filosofía.

Desde un punto de vista filosófico, los materiales en su esencia y su constitución han servido de inspiración para que se desarrollara una doctrina moral y una corriente filosófica conocidas con el título de materialismo. No obstante que se tienen muchas definiciones y posturas intelectuales acerca del materialismo, aquí sólo consideraremos los elementos y los rasgos esenciales de cada una de ellas.

El materialismo como doctrina moral establece que la única meta del ser humano es la búsqueda de su satisfacción y placer a través de la posesión y utilización de objetos materiales. Una persona que sigue la doctrina materialista, o bien, que es llamada materialista, no recibe en la actualidad una buena aceptación social en general.

Esa actitud ha sido reprobada por muchas doctrinas religiosas (como el cristianismo y el budismo) y también por muchos filósofos modernos y contemporáneos ajenos a las doctrinas religiosas.

En cuanto al materialismo como pensamiento filosófico, se tiene que esta corriente del razonamiento considera la materia como sustancia única y atribuye la existencia de agentes puramente materiales para la realización de todos los fenómenos, incluso los mentales. Como complementación a estos elementos esenciales daremos algunos otros datos interesantes acerca del materialismo filosófico.

Históricamente han existido tres épocas de gran aceptación para el materialismo filosófico, que fueron la época presocrática, la posaristotélica y la del siglo XVIII en Francia e Inglaterra.

En la Antigüedad, de manera muy simple y de acuerdo con la época, casi todos los filósofos presocráticos fueron materialistas. Con posterioridad a la llegada y difusión del pensamiento de Platón y Aristóteles, el materialismo se arraigó con más fuerza en la mente de las personas debido a la lógica y consistencia de las ideas de Demócrito y Epicuro. Estos personajes atribuían el origen de la materia a la congregación de átomos (como Demócrito los bautizó), además de que relacionaron sus propiedades con el movimiento de esas partículas indivisibles.

Platón en su diálogo El sofista clasificó a los filósofos y sus corrientes en dos grandes grupos: la de los dioses y la de los gigantes. En esta obra situaba a los dioses en el cielo del mundo ideal defendiendo su corriente, en la que lo que tiene existencia o realidad son únicamente las ideas. Por el contrario, los gigantes quedaban situados fuera del cielo en una eterna lucha para hacer descender todo hacia la tierra en su pugna por fundamentar que la

materia es lo primario y lo único que existe.

De esa batalla Platón argumentó que ningún bando podía vencer por sus posturas irreductibles. Señaló que los materialistas, que sólo aceptan a la materia, niegan la “justicia” y la “sabiduría”.

Los idealistas, por su parte, con su aceptación incondicional al hecho de que sólo las ideas son reales, niegan la existencia de los seres vivos por considerar que la materia es sólo una ilusión.

Con el avance del tiempo y la civilización, el trabajo de Nicolás Copérnico, las especulaciones de Giordano Bruno, las observaciones de Galileo y Kepler y la obra científica de la mecánica celeste de Newton se derrumbaron, tanto el esquema geocéntrico, como las fuerzas sobrenaturales. Con estos antecedentes, la ciencia experimentó un cambio trascendental y desechó de su horizonte las ideas de deidades y lugares privilegiados que se combinaban caprichosamente para interferir en los asuntos de los humanos.

La aceptación de la descripción racional del movimiento de los cuerpos y su simplificación consecuente para la explicación de la naturaleza reactivó con más ímpetu en el siglo XVII la filosofía del materialismo con Thomas Hobbes (1588-1679) como principal exponente. El hecho es que con la evidencia que sostenía la mecánica celeste acerca de la descripción total del Universo basada únicamente en la materia y su movimiento se refortalecía la idea original de que la materia era la única realidad, que cualquier tipo de movimiento estaba relacionado íntimamente con la materia y que siendo el hombre un ser vivo con un cuerpo material sus pensamientos y emociones deberían resultar de los movimientos mecánicos de los átomos de su cuerpo. La aseveración estaba hecha con base en la analogía de la regularidad de una maquinaria que se presentaba en los cuerpos celestes y su descripción teórica.

Sin embargo, la parte filosófica nuevamente arrojaba preguntas difíciles de responder. Se antojaba pensar que con la concepción materialista, el destino del hombre estaba de antemano prefijado ya que como consecuencia del acomodo de la materia en su cuerpo, la libertad de sus actos, voluntades y decisiones era solamente una ilusión.

Además de los ya mencionados nombres famosos de la época, el siglo XVII también involucró a muchos hombres ilustres que del lado de la ciencia intentaron dilucidar algunos de los secretos de la materia y su interrelación con los fenómenos naturales. En esa época se arraigó definitivamente la necesidad de caracterizar la esencia de la materia para poder descifrar su constitución y propiedades. Los nombres famosos de esa época asociados con esta corriente son Roberto Boyle (1627-1691), René Descartes (1596-1650) y Francis Bacon (1561-1626).

Francis Bacon fue partidario de la existencia de átomos y explicaba que el calor se debía a la vibración de las pequeñas partículas que constituyen todos los cuerpos. Robert Boyle es famoso por sus experimentos con gases, su descubrimiento del fosfato y sus trabajos sobre el origen mecánico del calor. Newton debió su fama, además de sus estudios sobre la mecánica, la gravitación y el cálculo infinitesimal, a la creación de la teoría corpuscular de la luz. Por lo tanto, y a manera de ejemplo, podrá advertirse que dentro de esta área han marchado, correlacionados desde siempre, los aspectos científicos y filosóficos.

En el siglo XVIII, el materialismo tuvo como exponentes a Holbach, Diderot y La Mettrie. Posteriormente, en el siglo XIX, aparecieron ligados al materialismo los nombres de Feuerbach, Marx, Engels, Vogt, Moleschott y Büchner. Actualmente, en pleno siglo XX, algunos de los exponentes que han presentado una filosofía mejor

estructurada son Marvin Harris y Mario Bunge, quienes han desarrollado temas con rigor filosófico como la teoría materialista de la mente, la concepción materialista de los valores, la concepción materialista de la cultura y otros más. Una lista de las principales obras acerca del materialismo y de los filósofos citados aparece en el cuadro I.

Con estos datos puede advertirse que el materialismo como filosofía ha existido desde hace mucho tiempo y que ha ganado fuerza y organización a través de la erradicación de contradicciones.

De esta situación puede concluirse que, aun en esta faceta de la cultura, los materiales también han contribuido al desarrollo de la filosofía y en consecuencia al desarrollo mismo de la civilización.

En los siguientes capítulos discutiremos con mayor profundidad muchos aspectos que apenas tuvieron la oportunidad de ser presentados en esta introducción, además de que se exhibirán los argumentos en los cuales se sustenta la idea de por qué la utilización de los materiales desafía a la civilización.

CUADRO I. Selección cronológica de los filósofos modernos y contemporáneos y de sus obras literarias que han tenido influencia especial sobre la filosofía materialista.

---

1) Julien Offray de La Mettrie (1709-1751)

L' homme machine (1747)

L’ homme plante (1748)

2) Denis Diderot (1713-1784)

Pensées sur l’interprétation de la nature (1753)

3) Paul Henri Dietrich, barón de Holbach (1725-1789)

Système de la nature on des lois du monde physique et monde moral (1970)

4) Karl Marx (1818-1883)

El manifiesto comunista (1848) (junto con F. Engels)

El capital (1867, 1885, 1894)

5) Jacob Moleschott (1822-1893)

El ciclo de la vida (1852)

Investigaciones sobre la teoría natural de los hombres y los animales (1857-1885) (13 volúmenes)

6) Friederich Ludwing Büchner (1824-1899)

Fuerza y materia (1854)

Naturaleza y espíritu (1857)

7) Carlos Vogt (1817-1898)

La fe del carbonero y la ciencia (1855)

8) Ludwig A. Feuerbach (1804-1872)

Lecciones sobre la esencia de la religión (1857)

9) Federico Alberto Lange (1828-1875)

Historia del materialismo (1866)

10) Friederich Engels (1820-1895)

El manifiesto comunista (1848) (junto con K. Marx)

El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado (1884)

11) Mario Bunge

Materialismo y ciencia (1981)

12) Marvin Harris

Materialismo cultural (1979)

II. Materiales y necesidades humanas

Agnosco veteris vestigia flammae

(Reconozco las huellas de una antigua flama)

VIRGILIO

INTRODUCCIÓN

ESTE CAPÍTULO tiene como objetivo presentar una reseña panorámica de las causas y efectos que ha tenido la cultura orientada materialísticamente sobre las actividades humanas. Asimismo se comentarán también, en su oportunidad, de manera sucinta las necesidades creadas y programadas que han surgido por la generación paulatina de materiales novedosos.

Primero que nada es necesario subrayar que el hombre debe a los materiales su propia existencia y parte de su comportamiento. Este concepto ha sido finamente señalado desde tiempos inmemoriales. Sin embargo, no fue sino hasta después de la aparición de la escritura que pudo contarse con un registro invariable de esta aseveración. Así, la Biblia en su libro del Génesis señala que el hombre fue hecho simplemente de barro. De manera independiente, el Popol Vuh —libro esencial de las culturas mesoamericanas—, también relata que en diferentes etapas el hombre fue hecho de diferentes materiales.

El Popol Vuh de los quichés anota que los dioses formaron al hombre empleando lodo, pero “se deshacía, estaba blando, no tenía movimiento, no tenía fuerza, se caía”. Con estos resultados los dioses destruyeron su obra. Después probaron con muñecos labrados en madera. Se asemejaban al hombre y hablaban como él. Después que se multiplicaron y poblaron la Tierra fueron destruidos mediante un gran diluvio por no ser agradecidos con su creador. Algunos de los que sobrevivieron fueron aniquilados por los animales, los palos, las piedras y sus propios utensilios domésticos. Más tarde los dioses descubrieron lo que debía entrar en la carne del hombre: el maíz. Así, el maíz “fue su sangre […] de maíz amarillo y de maíz blanco se hizo su carne; de masa de maíz sus brazos y sus piernas”.

La concepción moderna de la constitución del hombre acepta que su cuerpo está formado de materia común y corriente semejante a la que forma el aire, el mar, la tierra y los planetas. Sin embargo, muchos de los materiales que forman nuestro organismo están en constante renovación y su operación eficiente representa uno de los logros más notables de la naturaleza. Éste es el proceso natural de todo organismo biológico.

ASPECTOS MATERIALES INTERIORES DEL HOMBRE

La identificación de los diferentes elementos que forman el cuerpo y la dilucidación de los efectos que produce cada uno empezó a entenderse cuantitativamente hasta el siglo XX. De esta manera, lo que bíblicamente se denominó como simple barro, en la actualidad está caracterizado por más de 60 elementos, entre los que se incluyen calcio, carbono, cloro, hidrógeno, yodo, hierro, nitrógeno, oxígeno, fósforo, potasio, sodio, azufre y magnesio. Otro tipo de sustancias de las que se denominan elementos huella por las bajas cantidades en las que aparecen son aluminio, antimonio, arsénico,

bario, boro, bromo, cadmio, cromo, cobalto, cobre, flúor, galio, plomo, litio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, rubidio, plata, estaño, titanio, vanadio y zinc.

Con el entendimiento de la demanda de materiales (materia + uso) para el cuerpo humano, la regulación y buen funcionamiento es el requisito obvio para la salud del mismo. Lo que no es tan obvio es la cantidad óptima de elementos y la distribución de los mismos en las diferentes regiones del cuerpo humano. Por ejemplo, en una persona de 70 kg de peso se reportaron de 4 a 5 g de hierro, de 30 a 60 mg de yodo, 20 g de magnesio, 2 g de zinc y entre 100 y 150 mg de cobre. Además que el cobre no se distribuyó de manera homogénea en todo el cuerpo, ya que el bazo, el pulmón, los huesos, las glándulas suprarrenales, el riñón, la médula espinal y el intestino variaban en concentración entre 20 y 30 μg/g. Asimismo, el hígado contenía alrededor de 45 μg/g y la sangre cerca de 100 μg por cada 100 ml.

En otro aspecto, el hombre ha heredado muchas de las características de su cuerpo debido a las propiedades de los materiales. Por ejemplo, la rigidez tridimensional de los huesos y su baja densidad se debe a la materia calcificada; la flexibilidad bidimensional de la piel y su resistencia a la abrasión y la gran elasticidad de los músculos y otros tejidos se debe al acomodo por capas de fibras y células planas. El análisis de cada una de estas propiedades plantea campos de investigación por demás interesantes para encontrar la ruta por la cual la evolución biológica ha llegado al grado de desarrollo y especialización actual en nuestro planeta.

Por sí mismos, los mecanismos que usan la materia para enlazar átomos individuales y formar moléculas muy complejas que han logrado el almacenamiento de información genética y capacidad reproductora presentan un campo de investigación fascinante. Sin contar además a los organismos de la cúspide de la evolución

biológica que son capaces de absorber y crear conocimientos y transmitir información de un cerebro a otro. Estos seres llevan a cabo la utilización más trascendental de la materia en el sentido de que la utilización de la materia plantea el reto más extraordinario para dilucidar el fenómeno de la materia por la materia misma. El cerebro humano estudiando su propio origen, evolución y desempeño.

ASPECTOS MATERIALES EXTERIORES DEL HOMBRE

Un aspecto más conocido, pero no menos interesante, de la utilización de la materia es aquel que el hombre ha ejecutado para garantizar su completa sobrevivencia y evolución como especie dominadora de congéneres y no congéneres. Por tal motivo, en lo que resta de este capítulo se presentarán detalles que fundamentan esta situación.

El hecho es que desde las etapas más primitivas de su aparición, el hombre ha utilizado y modificado los elementos de su medio ambiente para su propia conveniencia. Esta conducta lo ha elevado en la civilización a través de muchas etapas y le ha permitido satisfacer gran parte de sus crecientes necesidades. Así, la utilización racional de la materia lo ha llevado paulatinamente a la búsqueda de materiales comestibles, combustibles, cultivables, modelables, forjables, explosivos, magnéticos, curativos, poliméricos, fisionables y fusionables, entre otros.

En su afán por usar y/o manufacturar materiales, el hombre ha enfrentado su raciocinio y curiosidad a la problemática de sustituir materiales agotados, optimizar las propiedades de los ya existentes y reducir los efectos nocivos de los que tiene en uso. Con este esquema, el desarrollo de su cultura material ha producido las modificaciones necesarias para continuar aceleradamente hasta la

etapa actual del hombre contemporáneo.

CULTURA MATERIAL

Consideremos al medio ambiente como el conjunto de condiciones mediante las cuales un organismo vivo tiene que relacionarse con todo lo que le rodea. Estas características deben incluir el clima y la fisiografía del hábitat, la provisión de alimentos y la interacción con especies semejantes y competidoras.

Entonces, sin necesidad de muchas averiguaciones, cualquier examen antropológico revela que desde su aparición en el Pleistoceno el hombre no se encontró adecuadamente adaptado para sobrevivir en un medio ambiente cualquiera. Esto se debe a que, comparativamente hablando, para enfrentar un conjunto arbitrario de condiciones ambientales las defensas corpóreas del hombre primitivo fueron inferiores a las de otros organismos contemporáneos.

En primer lugar, el cuerpo del hombre se distingue del de los otros animales por su escasa especialización. En efecto, el hombre no tiene, y posiblemente nunca tuvo, piel gruesa o cubierta con abundante pelo para soportar ambientes fríos. Tampoco un cuerpo óptimamente adaptado para la huida, la defensa o la cacería, pues no tiene excepcional ligereza de pies o piel de colores cambiantes, o armadura corpórea, o alas, o pico, o garras. No obstante, en compensación por estas desventajas ha tenido un centro operacional, un delicado sistema nervioso capacitado para controlar movimientos de precisión a través de todas sus articulaciones. Consecuentemente, con una inagotable curiosidad innata y un incansable proceso de experiencia-aprendizaje le fue posible fabricarse abrigos, herramientas y armas superiores a las naturalmente poseídas por cualquier otra especie. Esto es porque

siendo accesorios externos a su cuerpo, son suceptibles de ser usados y adaptados a voluntad. De esta manera, y a diferencia de las demás especies contemporáneas, el hombre fue capaz de sobrevivir y destacar en su medio ambiente por el solo hecho de haberse proveído de una cultura material.

Sin haber esperado ningún lento proceso evolutivo, el hombre se ha autoadaptado artificialmente a través del uso que le ha dado a la materia, para sobrevivir en una gran variedad de situaciones.

Como resultado directo de su creciente capacidad seleccionadora y manipuladora de la materia, los humanos han sido la especie que ha podido multiplicarse con mayor rapidez entre los mamíferos superiores. Además, han podido superar a muchos animales en sus habilidades específicas y propiciar el desarrollo de una civilización de posibilidades inimaginables; o al menos, de límites aún no previsibles dentro de nuestra era. La materia inerte no es responsable de nada, ya que no puede encontrarse en ella alguna causa o efecto que hubiese sugerido tal cultura material. Sin embargo, como consecuencia de esa cultura, el uso de la materia ha determinado y determinará lo que el hombre ha sido y será capaz de hacer en cualquier etapa de su historia.

MATERIALES COMESTIBLES Y COMBUSTIBLES

Las pruebas más antiguas que se tienen de que los organismos primitivos hicieron usos específicos de porciones de materia con formas determinadas alcanzan una edad de cerca de tres y medio millones de años. Estas pruebas demuestran que el hombre primitivo encontró que adaptando trozos de materia a formas determinadas le resultaba beneficioso para satisfacer algunas de sus necesidades. Irrefutablemente encontró que podía cazar y defenderse con mayor eficacia y que también podía protegerse de

las inclemencias del clima construyéndose refugios y confeccionándose vestimentas.

En el origen de su cultura material, el hombre utilizó pasivamente mucho de lo que su medio ambiente podía ofrecerle. Pero el gran paso para la emancipación de su pasividad lo dio cuando usó controladamente el fuego. Con este elemento el hombre desencadenó, por sí mismo, la energía solar almacenada en los vegetales. Además, produciéndolo, transportándolo y utilizándolo, el hombre desvió radicalmente su conducta de la de los otros animales, ya que hasta nuestros días ninguna otra especie ha sido capaz de dominar este fenómeno.

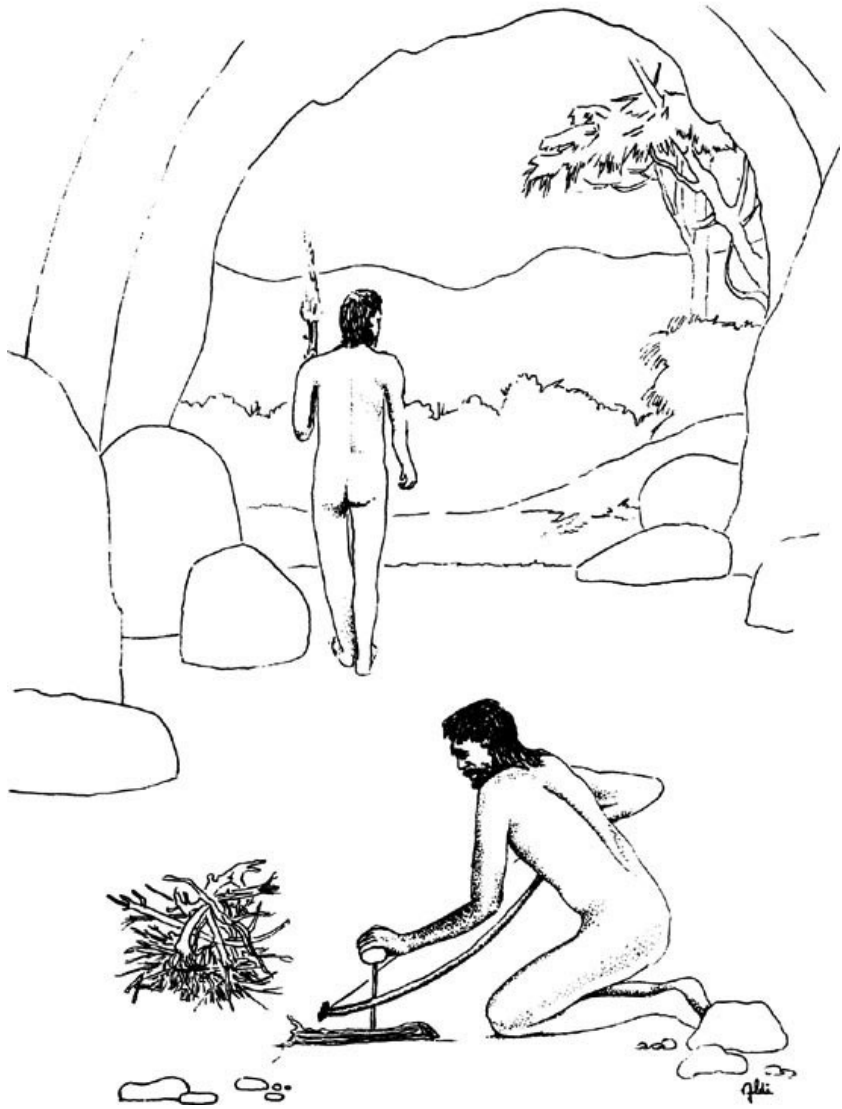


FIGURA 4. La manera primitiva de producir y transportar el fuego.

La búsqueda de materiales combustibles y la producción del fuego

tuvo una gran cantidad de efectos inmediatos. El hombre se lanzó a la clasificación y selección de materiales combustibles y además pudo obtener calor para combatir el frío y producir iluminación para subsanar la oscuridad. Además, logró la utilización de los materiales combustibles para protegerse de fieras y adversarios y para emplearlo como elemento multiplicador de su dieta. Esto dio como resultado que, al utilizar el fuego para cocinar pudo librar de algunas bacterias nocivas su comida, además de que obtuvo alimentos de muy variados sabores. Por añadidura, con el transcurso del tiempo el fuego se usó y se sigue usando para el cocimiento de las vasijas y la purificación de los metales.

MATERIALES CULTIVABLES

Después de procurarse una cultura material rudimentaria para la clasificación y utilización de materiales combustibles y de capacitarse como dominador potencial del fuego, el hombre dio otro paso trascendental al manipular la materia para la clasificación y explotación de los materiales cultivables.

Para preparar la tierra para una de las más relevantes faenas de la humanidad a escala mundial, la agricultura, el hombre tuvo que haberse apoyado también en el fuego y así poder erradicar bosques y malezas y al mismo tiempo fertilizar los campos. Aunque en este caso específico el hombre solamente actuó como un agente seleccionador de los procesos biológicos normales y ordenador de la disposición adecuada de la materia para conseguir su propósito, esta actividad aún continúa siendo de relevancia primordial y sigue y seguirá practicándose.

La agricultura trajo como consecuencia la sedentarización del hombre disminuyéndole riesgos e incertidumbres involucrados en la obtención de su alimento a través de la cacería. Concomitante a

esto se produjo un aumento en la población y también comenzó una selección fundamental de las plantas cultivables dentro de un determinado ambiente propiciado por el hombre mismo. Como efecto adverso a esta práctica, con el correr de los años se ha propiciado la generación de plagas, porque con comida abundante los organismos que de ellas se nutren también encuentran un ambiente favorable para su reproducción. También, con el incremento de la población humana, aumentaron los riesgos en casos de catástrofes. En el supuesto de falta de lluvias o de agua para los cultivos o cualquier otro fenómeno meteorológico, aumentó el número de hombres que podían morir de hambre después de una mal lograda cosecha. Por lo mismo, la agricultura empezó desarrollándose exitosamente cerca de los ríos y lagos, donde la distribución de agua sobre los cultivos estaba garantizada.

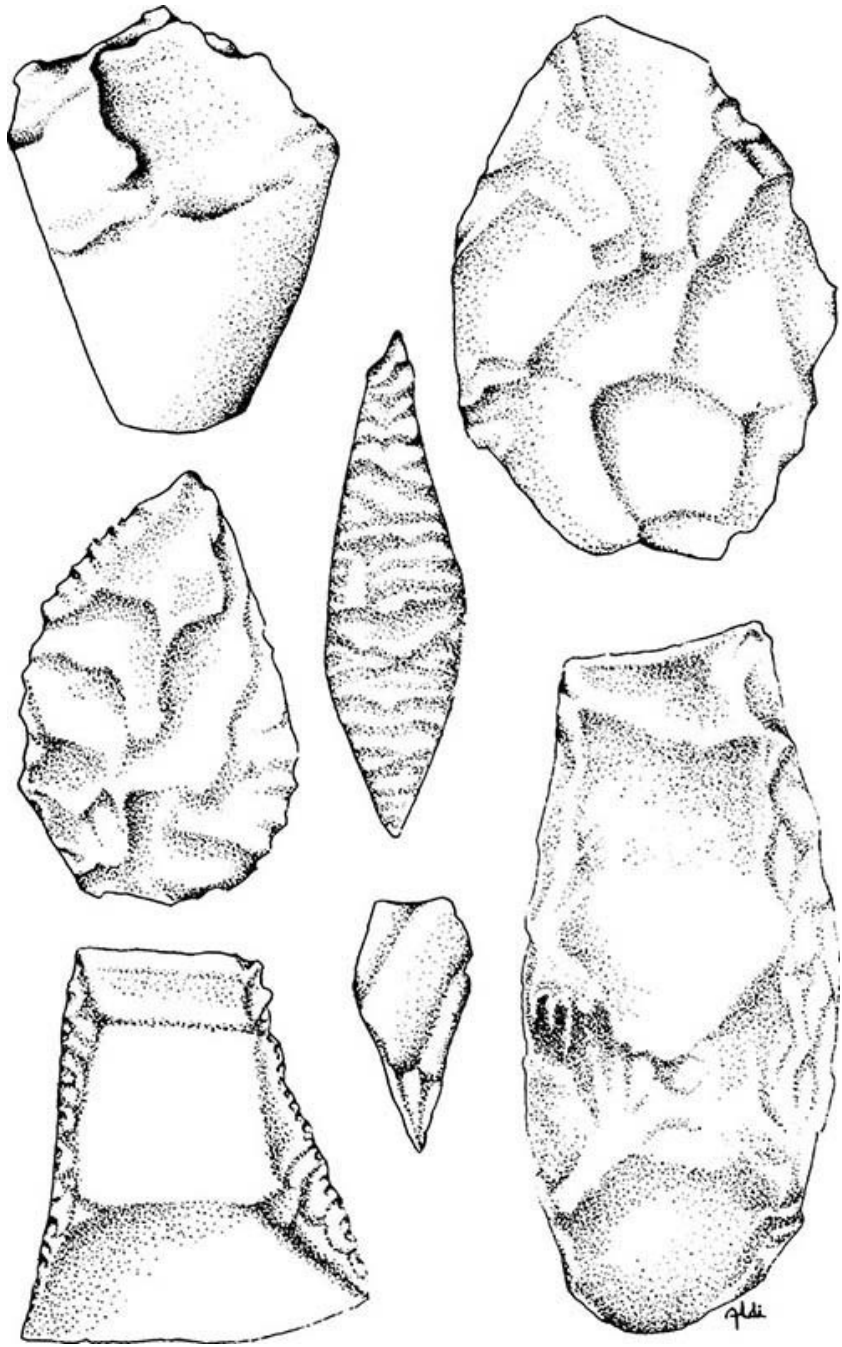


FIGURA 5. Piedras con formas determinadas para ser utilizadas como diversos utensilios.

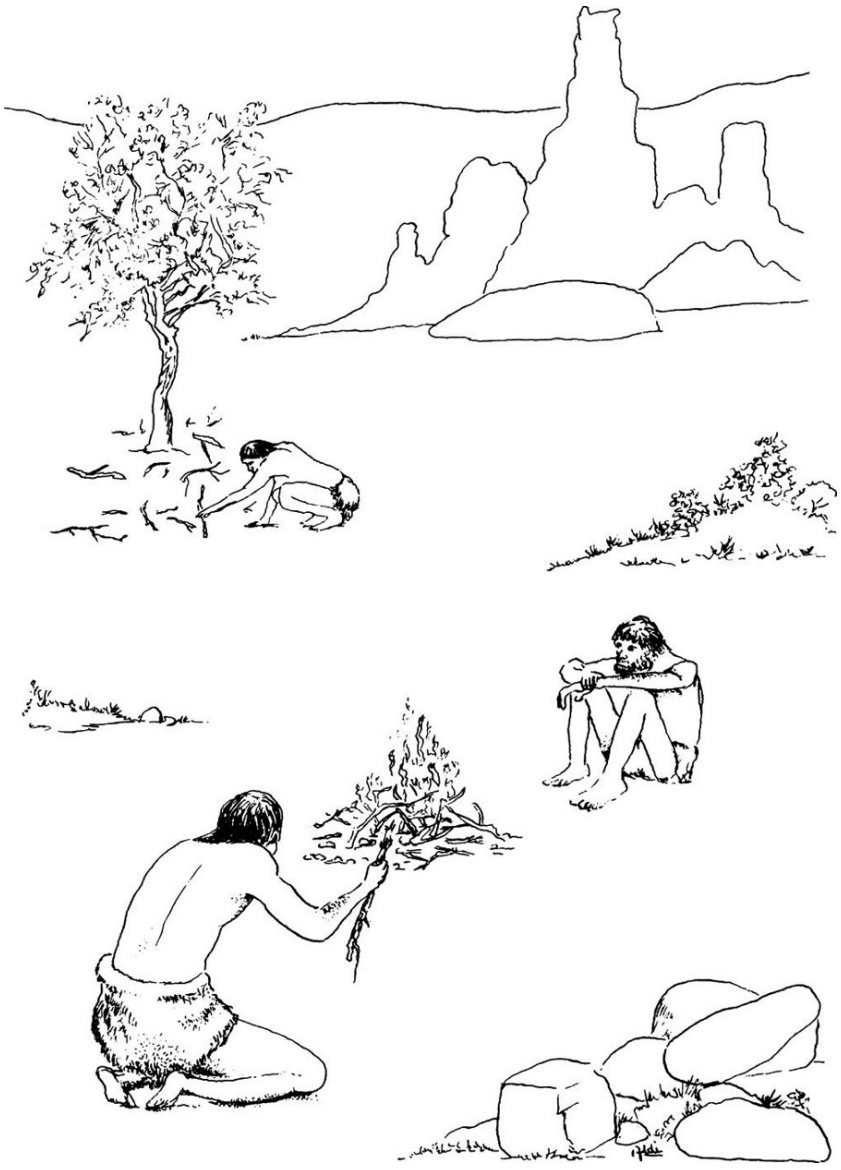


FIGURA 6. La búsqueda y utilización de materiales combustibles.

Otra consecuencia trascendental de la agricultura fue que un grupo pequeño de hombres podía producir materiales comestibles en exceso y, por lo mismo, sostener a individuos que cambiaban servicios por alimentos. Este hecho predispuso el inicio de la organización sociopolítica para las colectividades que disfrutaron de esa oportunidad.

MATERIALES FORJABLES Y MOLDEABLES

En su devenir cotidiano, y de acuerdo con sus escasas necesidades, el hombre utilizó el tipo de materiales que tuvo más al alcance de su mano. Estos materiales fueron principalmente la madera, la arcilla y las piedras.

Al del comienzo de la utilización de materiales existió, desde luego, una disponibilidad casi infinita de recursos debido a la escasa demanda de productos y, relativamente, a la baja población.

Con el advenimiento y uso de los utensilios metálicos, el hombre empezó a servirse de materiales relativamente raros para la época y su motivación para hacerlo provino tanto de las propiedades tan especiales de los mismos, como de los efectos tan peculiares que trajeron para las incipientes sociedades sobre las que incidieron. Las propiedades físicas de los materiales y su impacto económico sobre aquellas rudimentarias sociedades sobrepasaron con creces las incomodidades de la búsqueda y recolección de minerales y de la complejidad, para la época, de su manufactura.

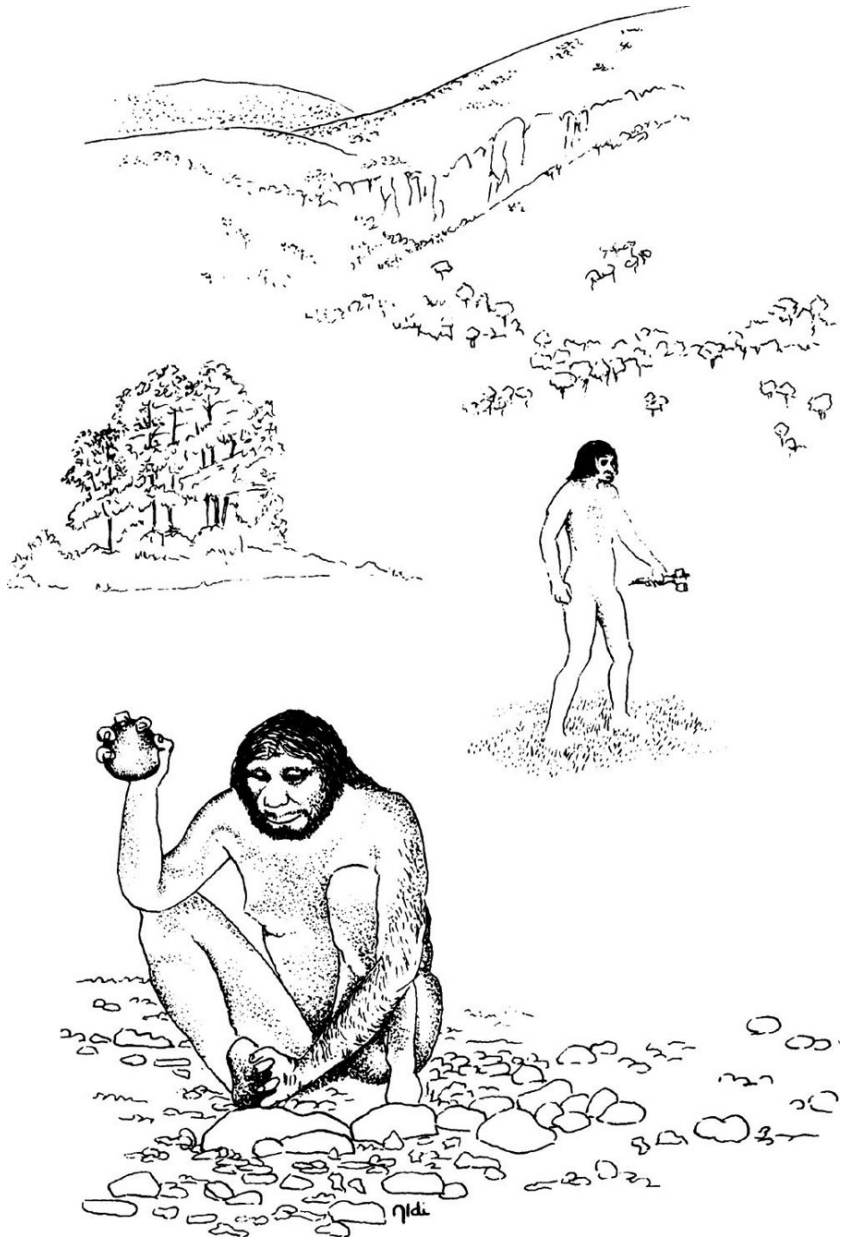


FIGURA 7. Adaptación primitiva de un material a una forma determinada.

Los historiadores advierten que con una alta probabilidad muchos de los metales se descubrieron por casualidad, correspondiendo su hallazgo primariamente al cobre y al oro. El cobre fue el primer metal que tuvo una utilización ya muy generalizada desde cerca del año 3000 a. C. Aunque el cobre no es un metal muy abundante en la corteza terrestre, tiene ciertas ventajas que sugieren por qué se hizo tan importante: junto con el oro, el cobre es uno de los pocos elementos que existe en forma aislada en la corteza, tiene una baja temperatura de fusión (o sea que es de fácil fundición en hornos sencillos), es de fácil aleación (el bronce se obtuvo al fusionar cobre con estaño), es maleable y además tuvo repercusiones económicas al funcionar como elemento de intercambio entre productos manufacturados y servicios.

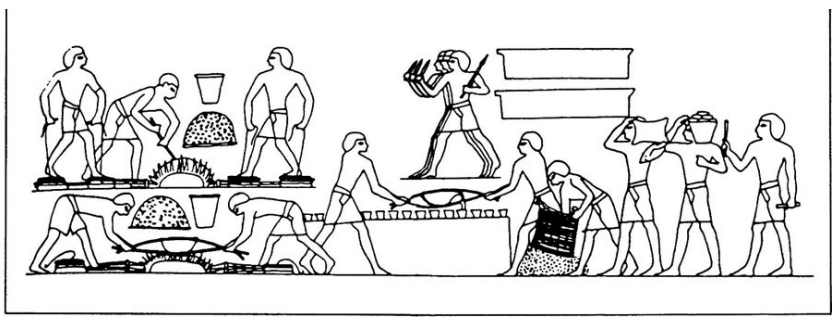


FIGURA 8. Pintura egipcia hallada en una tumba del año 1400 a. C., que muestra el método utilizado para vaciar una puerta de bronce.

Las primeras guerras de la Antigüedad debieron haber mostrado al hombre las ventajas de los utensilios de metal comparados con los de piedra, hueso o madera. Por este motivo tan importante, la utilización de los metales muy pronto se generalizó para fabricar armas, utensilios y recipientes de bronce. Por ejemplo, durante esta época se luchó la Guerra de Troya y las armas de los ejércitos de Príamo y de Menelao eran de bronce.

Otro de los metales importantes de la evolución del hombre es el hierro y su llegada a la civilización se debió en parte a la mayor abundancia de este mineral con respecto al cobre. El hierro existe en la corteza terrestre solamente ligado a otros elementos y el secreto de su fusión se descubrió cerca del año 1500 a. C. en Asia Menor. No obstante, su utilización masiva tardó varios siglos, ya que no fue sino hasta el año 1000 a. C. cuando apareció el primer ejército dotado con armas de hierro modificado con carbono. Las repercusiones de esta innovación fueron trascendentales, ya que un ejército pertrechado con armas y escudos de acero (hierro modificado con carbono) tenía una mayor ventaja sobre los otros armados con utensilios de bronce; sencillamente porque el bronce es menos duro que el acero y las armas de este metal perdían su filo y su capacidad ofensiva más rápidamente.

El mismo efecto ventajoso para la guerra tuvo la utilización del estribo al fusionar en una sola unidad de combate el conjunto jinete-caballo. Al parecer esta práctica comenzó en China cerca del siglo V a. C. Este sistema permitió centuplicar la fuerza con la que los guerreros asestaban los golpes a sus adversarios sólo con el aprovechamiento del ímpetu del caballo y el jinete. Entonces, los estribos introdujeron una nueva problemática a las tácticas guerreras y, por ende, un desafío más a la civilización que sólo podía ser superada con las armas que actuaban a larga distancia como las flechas y las lanzas. La táctica del combate tuvo que ser modificada ostensiblemente desde entonces.

FIGURA 9. Una deidad solar, posiblemente Tonatiuh o tal vez Xiuhtecuhtli, se encuentra haciendo una ofrenda de hule; y en el altar principal, una pelota de hule se esta quemando.

Códice Fejérváry-Mayer, lámina XIII.

A
B
C
D
E
L

FIGURA 10. Horno para trabajar vidrio del siglo XVI.

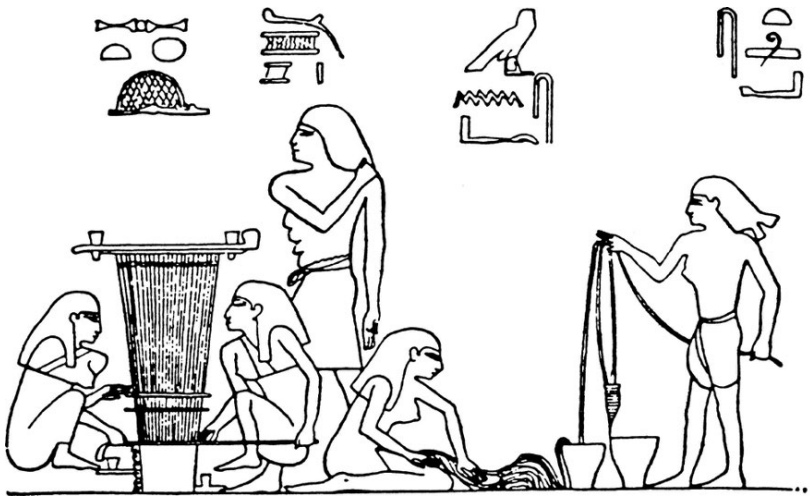


FIGURA 11. Manufactura de textiles en el antiguo Egipto.

TRANSMUTACIÓN DE MATERIALES (ALQUIMIA)

Dentro de las necesidades habituales de las sociedades de las diferentes épocas, y posteriormente a las edades del bronce y del hierro, los materiales que se utilizaron de manera generalizada para fabricar armas, herramientas u ornamentos, estuvieron restringidos a siete metales: cobre, hierro, oro, plata, estaño, plomo y mercurio. Además, para usos muy específicos, como construcciones, vestimentas y adornos, se siguieron usando las piedras, barro, pieles y huesos de animales, fibras y colorantes naturales; y en la producción de líquidos embriagantes y medicinales la fermentación de algunos frutos y plantas de cultivo.

Al comenzar la expansión de la civilización empezaron a surgir otro

tipo de materiales que causaron cambios considerables que fueron por demás útiles. Paralelamente a la evolución de la metalurgia se desarrollaron, sobre todo en Egipto, una variedad de conocimientos relacionados con sustancias derivadas de infusiones y la cocción de plantas para hacer colorantes y medicinas; además de bálsamos para lograr la conservación del cuerpo humano después de su muerte. En esta región del mundo, la totalidad de los conocimientos necesarios para conseguir cualesquiera de esas transformaciones estuvo acaparada por los sacerdotes, y la conservación en secreto de los mismos garantizó su posición privilegiada dentro de esa sociedad. En gran medida, durante esa época y otras posteriores, tal situación motivó que todo tipo de actividad ligada a experimentar con la materia tuviera que practicarse clandestinamente, o lejos de la vista del vulgo.

Con la idea de experimentar con la materia se inició muy específicamente la búsqueda de un material transmutador, denominado la “piedra filosofal”, capaz de transformar el hierro y el plomo en oro. Esta pretensión duró muchos siglos y trajó como consecuencia el advenimiento de la alquimia. Durante esta época se lograron pocos avances pero importantes, aunque ningún éxito con respecto a la transmutación del plomo o del hierro en oro. Tanto el Imperio romano como el naciente cristianismo consideraron por separado que los trabajos de la alquimia eran prácticas hechiceriles o nuevas formas de paganismo, o bien amenazas potenciales a la desestabilización financiera del Imperio. Por sus razones particulares, ambos bandos se opusieron enérgicamente al desarrollo de estas actividades y aplicaron penas severísimas a los que fueron reconocidos culpables de practicar la brujería, la magia, las prácticas ocultas o los contactos con el demonio. Estas actitudes favorecieron aún más el circunscribir la experimentación a la clandestinidad y a muy pocos estudiosos fuera de Egipto o Roma. Por otro lado, también se buscó afanosamente el “elíxir de la vida” que sería el material que garantizaría la eterna juventud del hombre.

No obstante que la búsqueda de la piedra filosofal y el elíxir de la

juventud fracasó, los alquimistas descubrieron el antimonio, el arsénico, el bismuto, el fósforo y el zinc, además de los ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico, por lo cual se les otorga poco o ningún crédito. La utilización de estos materiales es hoy en día imprescindible en muchas industrias del mundo moderno. Como un dato curioso se tiene que la primera sociedad científica secreta para el estudio de la materia y sus transformaciones nació en Europa por el año 1300, dentro del auge de las misteriosas actividades de los alquimistas. Esta sociedad se autonombró curiosamente los "rosacruces" y su objetivo era llegar al dominio de la materia y sus transformaciones a través del desarrollo de las fuerzas etéricas y espirituales presentes en todo hombre, animal y planta. Con el paso de los años esta sociedad cambió varios de los fines con los que había iniciado e, incluso, llegó a convertirse en una especie de aliada oculta de la Reforma luterana. Una rosa y una cruz constituían el emblema utilizado por Lutero en congruencia con el emblema de los rosacruces.

MATERIALES EXPLOSIVOS, MAGNÉTICOS Y PARA LA IMPRESIÓN DE LIBROS

La experimentación práctica ajena a la búsqueda de piedras filosofales y elíxires de la juventud produjo por su cuenta adelantos muy importantes. La llegada de la imprenta alivió muchos de los problemas de comunicar lo que se había experimentado y encontrado, o bien sólo filosofado. La posibilidad de tener registrados los pensamientos y experiencias de alguien en un libro abrió muchas perspectivas para todo ser humano interesado, no únicamente en la materia y su transformación, sino también en el problema de una educación sobre el tema.

FIGURA 12. Pintura europea del siglo XVII que presenta a un alquimista intentando la transmutación de metales en oro.

Aunado a las necesidades de tintas y papeles apropiados para la industria de la imprenta, otros dos materiales muy importantes fueron entregados a la sociedad medieval, a saber: los materiales explosivos y los materiales magnéticos o imanes. Éstos abrieron las puertas de la era de la exploración y de la conquista para los pueblos de los siglos XIV y XV, principalmente.

En la sociedad medieval europea la pólvora contribuyó a destruir el orden feudal al proporcionar los medios para que los ejércitos pudieran arrasar muros y lanzar proyectiles más veloces que las flechas. Además, se contrarrestó efectivamente el poder de la caballería y se demandaron tácticas de guerra en las que no se requería de ningún contacto, y había una menor aproximación de los contendientes.

Al igual que la transición de las armas de bronce a las de hierro, la utilización de la pólvora fue un símbolo de un elevado estatus tecnológico para aquellos grupos que pudieron servirse de la poderosa fuerza de los gases en su explosión y que, además, pudieron construir cañones para su mejor aprovechamiento bélico.

La invención de la pólvora y de los cañones, junto con el descubrimiento de la brújula con sus aplicaciones a las grandes exploraciones, propiciaron que los ejércitos europeos conquistaran otros continentes y dejaran secuelas, imborrables aún en nuestros días, sobre muchas sociedades que fueron subyugadas con estos métodos.

MATERIALES SINTÉTICOS: PLÁSTICOS, SEMICONDUCTORES Y COMBUSTIBLES NUCLEARES

Después de lograrse muchos adelantos en la manufactura y utilización de los materiales, se dio un nuevo giro, alrededor de 1930, cuando se descubrió y demostró que las propiedades de la materia están determinadas también por la forma en la que están ordenados los átomos que la constituyen y no únicamente por su composición como podría pensarse a priori. El conocimiento de este fenómeno condujo a un mejor entendimiento y control de los factores que fijan las propiedades de los materiales, y más aún, a la creación de otros nuevos que han transformado en forma muy notable la civilización y sus alcances.

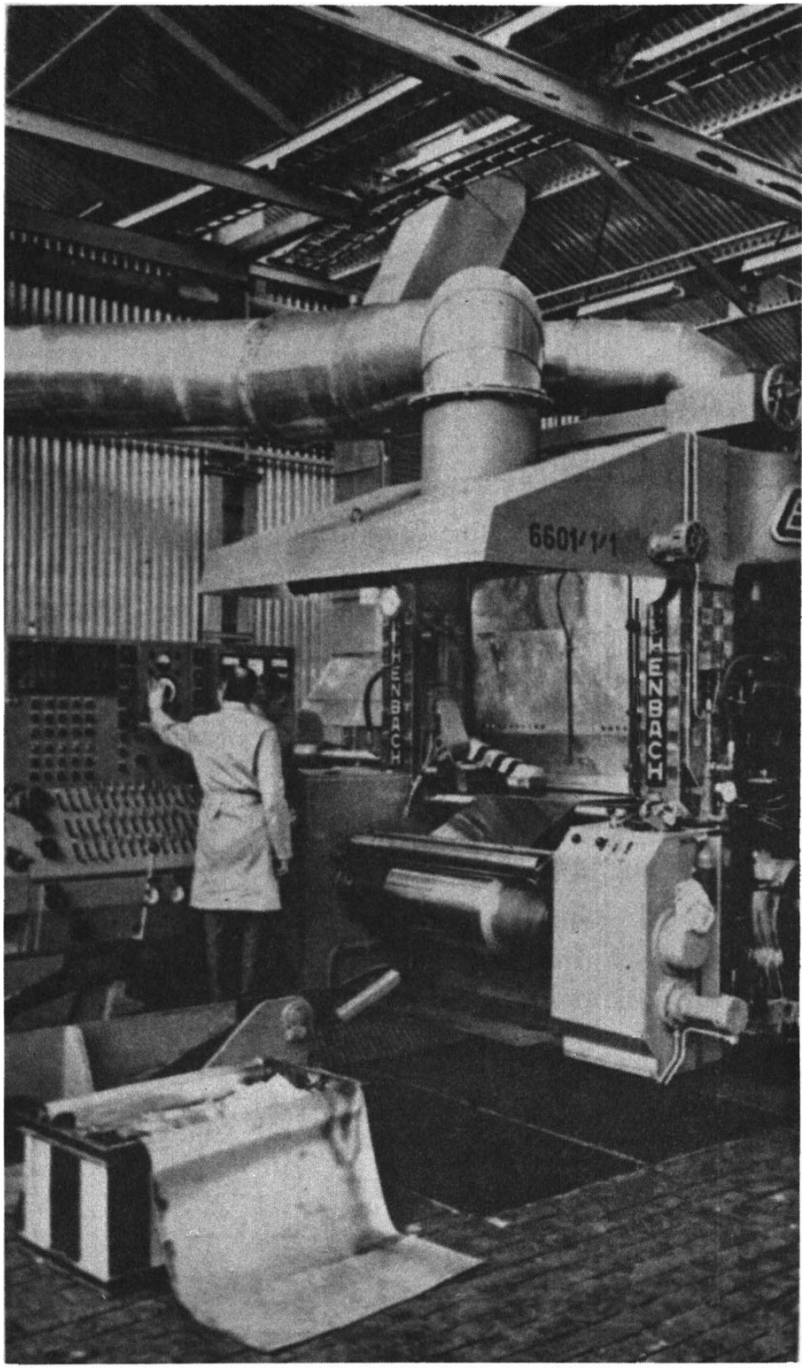

6601/1/1
HENBACH
HENBACH

FIGURA 13. Maquinaria que produce hojas de aluminio de grosor ajustable.

Específicamente, el hombre ha visto modificada su estructura corporal y mejorada su salud a través de la ortopedia y la traumatología modernas que hacen uso de los progresos en fabricaciones de prótesis de acero inoxidable y de teflón.

Los jabones, detergentes, insecticidas y antibióticos han ayudado formidablemente a la humanidad reduciendo la mortalidad y mejorando en mucho sus condiciones de vida. Esto no es un efecto biológico natural, sino los logros de la manipulación muy refinada de la materia o los resultados del cultivo exitoso de los materiales. Sin embargo, concomitante a la disminución en la mortalidad de los seres humanos, se ha agudizado la explosión demográfica cuyos efectos representan una de las crisis más importantes de nuestra época.

De igual importancia y trascendencia es el caso de los materiales semiconductores, de los plásticos y de los combustibles nucleares, que se tratará en uno de los capítulos siguientes.

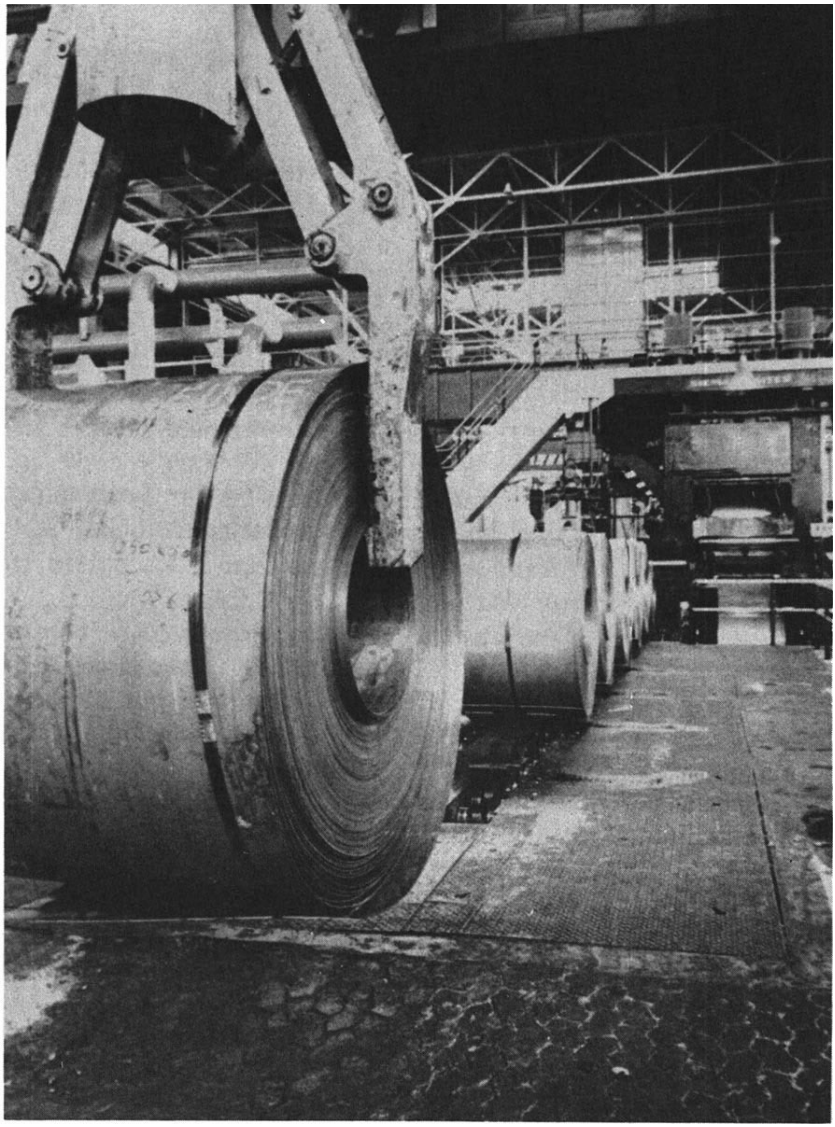


FIGURA 14. Producción y manejo automatizado de hojas de acero inoxidable.

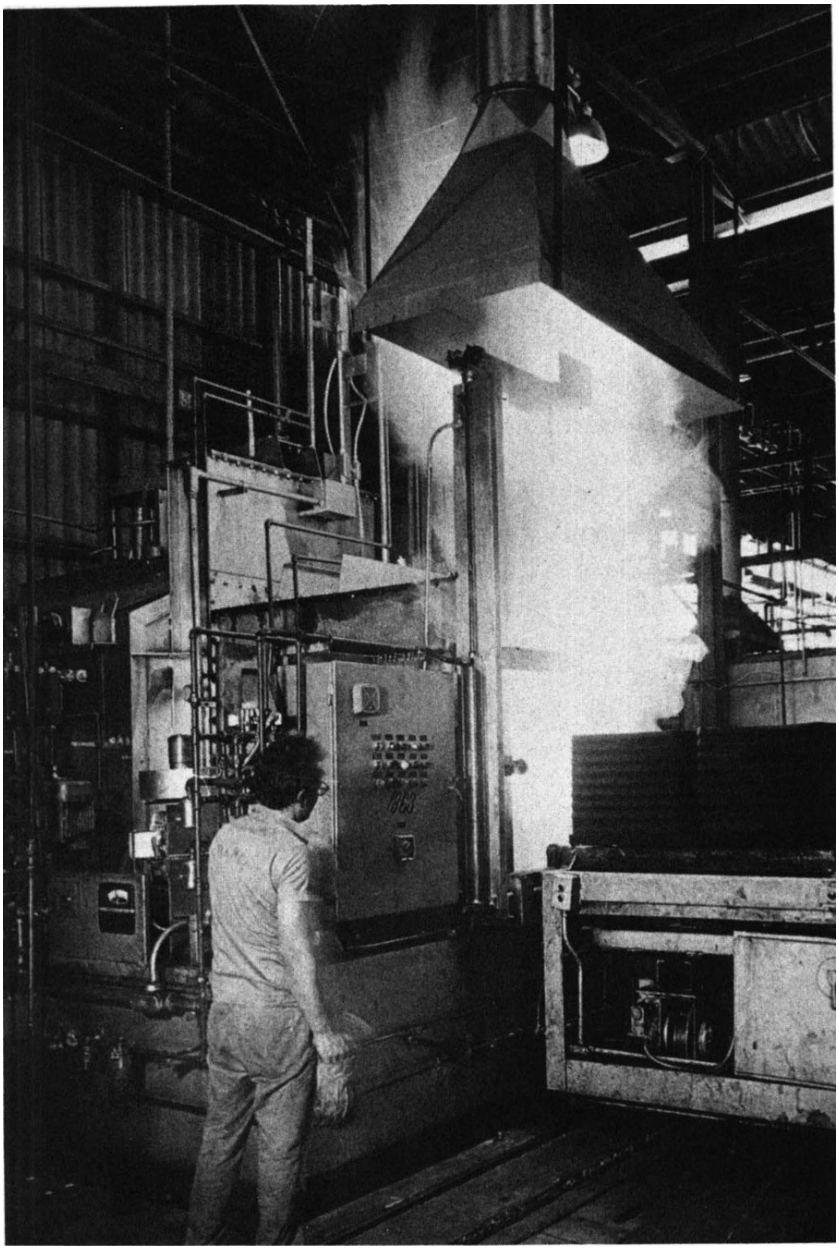


FIGURA 15. Proceso de alta temperatura para producir objetos metálicos con tratamientos especiales en una industria mexicana.

III. Fuentes no renovables de materia prima

para los materiales

Quosque tandem

(¿Hasta cuándo?)

CICERÓN

INTRODUCCIÓN

EN EL CAPÍTULO anterior quedó establecido que la relación del hombre con los materiales es tan antigua como la vida humana y se discutió la unión tan estrecha que han tenido los materiales con todo tipo de cultura. También se argumentó cómo de la utilización perfeccionada de los materiales han surgido colectividades sociales con aspiraciones hegemónicas que han permitido generar diferencias trascendentales con fines de dominio físico, moral y ecónomico. Este capítulo proporcionará argumentos físicos y geográficos para demostrar que esta tendencia prevalece y prevalecerá indefinidamente debido a la naturaleza humana y su hábitat.

Sin lugar a dudas, todas las sociedades del planeta siempre requerirán de materiales para satisfacer sus necesidades de

habitación, herramientas, maquinaria, ornamentos, energía y armamentos. Pero también, sin lugar a dudas, es necesario reconocer que a través de todos los tiempos únicamente ha existido una fuente común para todos los materiales con los que el hombre ha fundamentado su desarrollo.

Este capítulo tiene como objetivo analizar la problemática que genera la existencia y las capacidades de una sola fuente de materiales acoplada a la necesidad humana de producirlos en mayores cantidades con los mínimos costos posibles.

HÁBITAT Y MATERIALES

En la medida en la que se ha alcanzado una mejor comprensión de lo que son los materiales, así como el consumo energético para su obtención y adecuación, se ha manifestado la necesidad de enfrentar y resolver las siguientes dificultades:

a) Origen y suministro regulado de materias primas para todo tipo de materiales.

b) Utilización y aplicación óptimas de los materiales.

c) Despojo racional y posibilidad de reciclaje de materiales.

d) Minimización de los efectos adversos sobre el hábitat y la sociedad que reciben los materiales.

Por lo menos desde hace un siglo existe la opinión muy lógica de que la humanidad, con su crecimiento sin límites, está propiciando el agotamiento de muchos recursos materiales al consumirlos aceleradamente. Esta opinión ha sido apoyada por muchos pensadores y filosófos entre quienes destaca Thomas R. Malthus (1766-1834).

Thomas Malthus enfocaba sus razonamientos a la relación materialista comestibles-población y sostenía que el hombre había alcanzado la capacidad de reproducirse con cifras alarmantes del tipo exponencial (como las que se duplican consecutivamente, por ejemplo 1, 2, 4, 8, 16, etcétera). Comparativamente, establecía que para un mismo intervalo de tiempo los materiales comestibles para su subsistencia están sujetos al rendimiento de la Tierra que sólo aumentan con cifras del tipo aritmético (como las que aumentan progresivamente en un valor constante, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, etcétera). Sin embargo, desde el punto de vista actual, Malthus no profundizó su posición para otro tipo de materiales que también son elementos potenciales de conflictos agudos.

A finales de la década de los años sesenta, el grupo de industriales del Club de Roma encargó a Dennis L. Meadows, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, un análisis de la situación contemporánea y futura de la relación de los recursos renovables y no renovables con las tendencias demográficas explosivas del planeta. Este estudio fue publicado en 1972 bajo el título Los límites del crecimiento y contiene una gran diversidad de cálculos hipotéticos que correlacionan la cantidad de vida futura con los siguientes factores: 1) grado de industrialización mundial; 2) agotamiento de recursos esenciales; 3) grado de contaminación; 4) crecimiento de la población, y 5) producción de alimentos.

Aunque el informe ha sido criticado en aspectos tales como su

naturaleza preliminar, las limitaciones de algunos de sus datos e hipótesis y la inherente complejidad del sistema mundial que intenta describir, el informe tiene por otro lado muchos puntos a favor. Por ejemplo, incluye un mensaje de revelación de la problemática en cuestión. Además, muestra sucintamente la desequilibrada situación mundial y su deterioro con cifras por demás impresionantes. Asimismo, propone la necesidad de que el hombre explore críticamente sus objetivos y sus valores políticos y sociales, así como también su capacidad para modificar los aspectos mundiales de su hábitat y hábitos sociales.

En la mayoría de los casos hipotéticos analizados en Los límites del crecimiento se encontró como etapa supercrítica el comienzo del siglo XXI, de la que ya no estamos muy lejos. El enfoque opuesto a los resultados encontrados en este libro y defendido por un buen número de personalidades puede resumirse en una simple frase: “La esperanza de la humanidad no está en los límites del crecimiento, sino en el crecimiento de los límites”. Con este enfoque, esta esperanza que aquí se menciona es parte del desafío a la civilización a través de la creación de materiales adecuados y el aseguramiento de su materia prima. Este caso será explorado a continuación con más detalle.

MATERIAS PRIMAS

PARA LOS MATERIALES

La producción de bienes manufacturados con materiales ha dependido de la utilización de la materia que se encuentra sobre la superficie o en el subsuelo accesible de la Tierra. La materia que cumple con estos requisitos recibe el nombre genérico de materia prima.

Muchas de las diversas clases de materias primas fueron conformadas a través de fenómenos fisicoquímicos y biológicos, después de muchas eras geológicas. En su mayoría, las materias primas destinadas a la elaboración de materiales fueron conformadas por procesos naturales que no han ocurrido en el lapso que registra la humanidad y su historia. La comprensión de este hecho tan obvio ha motivado una especie de censura a la humanidad tecnificada por la industrialización de esas materias primas. Por esto, se han cuestionado profundamente las implicaciones políticas, económicas y sociales que acarrea la condición de que el ritmo de consumo de un material no deba crecer ilimitadamente.

Como ya se discutió en el capítulo I, algunos de los recursos se califican como no renovables porque no existe en la actualidad un proceso natural o artificial mediante el cual puedan ser producidos. Además, el tiempo requerido para la formación de esos recursos es enorme en comparación con el tiempo en que la civilización los ha explotado.

De acuerdo con la discusión hecha en el capítulo II, quedó comentado que en las etapas más primitivas de la civilización el hombre no pudo, ni necesitó hacer consumos exagerados de minerales. En esos periodos, los vegetales y los productos de origen animal fueron los satisfactores adecuados a sus necesidades. Posteriormente, con su ascenso en la ruta del progreso, la humanidad empezó a echar mano de minerales y de su necesidad de transformación. El aseguramiento de la utilización permanente de minerales fue crítico desde antes de la revolución industrial, pero a partir de entonces, su seriedad ha crecido aceleradamente. Asimismo, se estableció en ese capítulo que la búsqueda y seguridad de explotación de los minerales desencadena guerras y necesidades de coloniaje debido a la regionalización que presentan los minerales en la corteza terrestre.

Por consenso mundial se acepta que la creciente explosión demográfica contempla una demanda acelerada de todos los recursos finitos de la Tierra; que la población en el mundo tiene derecho a satisfacer sus necesidades materiales y que la conjunción de estos factores (tamaño finito del planeta y sus recursos, explosión demográfica y necesidades materiales) advierte que debe existir un límite de seguridad para la utilización y explotación de algunos recursos. Asimismo, que llegado el momento del agotamiento se precipitarán repercusiones sociales y económicas muy profundas en la calidad de vida. En la actualidad existen recursos absolutamente indispensables a los que se les denomina como materiales estratégicos. El cuadro II presenta una lista de recursos naturales no renovables con sus reservas mundiales conocidas, y el cuadro III una lista de algunos de los materiales estratégicos junto con sus principales aplicaciones contemporáneas.

CUADRO II. Lista de recursos naturales no renovables junto con las cifras asociadas a las reservas mundiales conocidas.

Recurso	*Reservas mundiales conocidas*	
Aluminio	1.17×10^9	t
Carbón	5×10^{12}	t
Cobalto	2.18×10^6	t
Cobre	3.08×10^8	t
Cromo	7.75×10^8	t
Estaño	4.37×10^6	t
Gas natural	4.0×10^{13}	m^3
Grupo platino: platino, paladio, iridio, osmio, radio, rutenio	1.33×10^3	t
Hierro	1×10^{11}	t
Manganeso	8×10^8	t
Molibdeno	4.9×10^5	t
Níquel	6.67×10^7	t
Oro	1.32×10^5	t
Petróleo	5×10^{11}	barriles
Plata	2.05×10^6	t
Plomo	9.1×10^7	t
Tungsteno	1.1×10^6	t
Zinc	1.23×10^8	t

CUADRO III. Lista de varios minerales estratégicos con algunos de sus usos más importantes.

Recurso	*Principales usos*
Cromo	— refinación de petróleo — petroquímica — plantas eléctricas (convencionales y nucleares) — camiones-cisterna — turbinas de gas — maquinaria industrial — acero inoxidable — aplicaciones de resistencia a la corrosión y altas temperaturas
Cobalto	— motores de reacción — herramientas cortantes de alta velocidad — aceros de muy altas especificaciones
Manganeso	— industria siderúrgica
Tantalio	— fabricación de maquinaria — componentes electrónicos
Platino	— aplicaciones catalíticas

Con el término genérico de minerales quedan agrupados los diferentes tipos de materia que conforman casi todo el planeta. Por ejemplo, en su corteza abundan los silicatos, los óxidos y los sulfuros. Adicionalmente, para sistematizar su clasificación, los minerales pueden ser agrupados en orgánicos, inorgánicos y

energéticos (que bien podrían considerarse dentro de los orgánicos, pero por motivo de discusión se proponen por separado). Ejemplos más particularizados de los minerales son las rocas, los metales, el agua, el petróleo, el carbón, etcétera.

La Tierra es un sistema físico que alberga a todos los diversos tipos de recursos para formar minerales. Nuestro planeta tiene un tamaño muy grande pero finito, ya que su masa es de alrededor de 6×10^{21} toneladas de materiales y con toda la actividad industrial contemporánea, el hombre ya ha alcanzado a procesar en varias formas cifras cercanas a las 1×10^{10} toneladas de materiales por año. El que estas cifras representen valores muy altos o muy bajos queda sujeto a las consideraciones propuestas a continuación.

Por conveniencia, es necesario hacer algunos comentarios sobre otros elementos que confluyen para la descripción de los minerales y que responden a las siguientes preguntas: ¿dónde y en qué forma física se encuentran los minerales?; en términos relativos ¿qué tan abundantes son? y ¿cómo se extraen y separan los materiales?

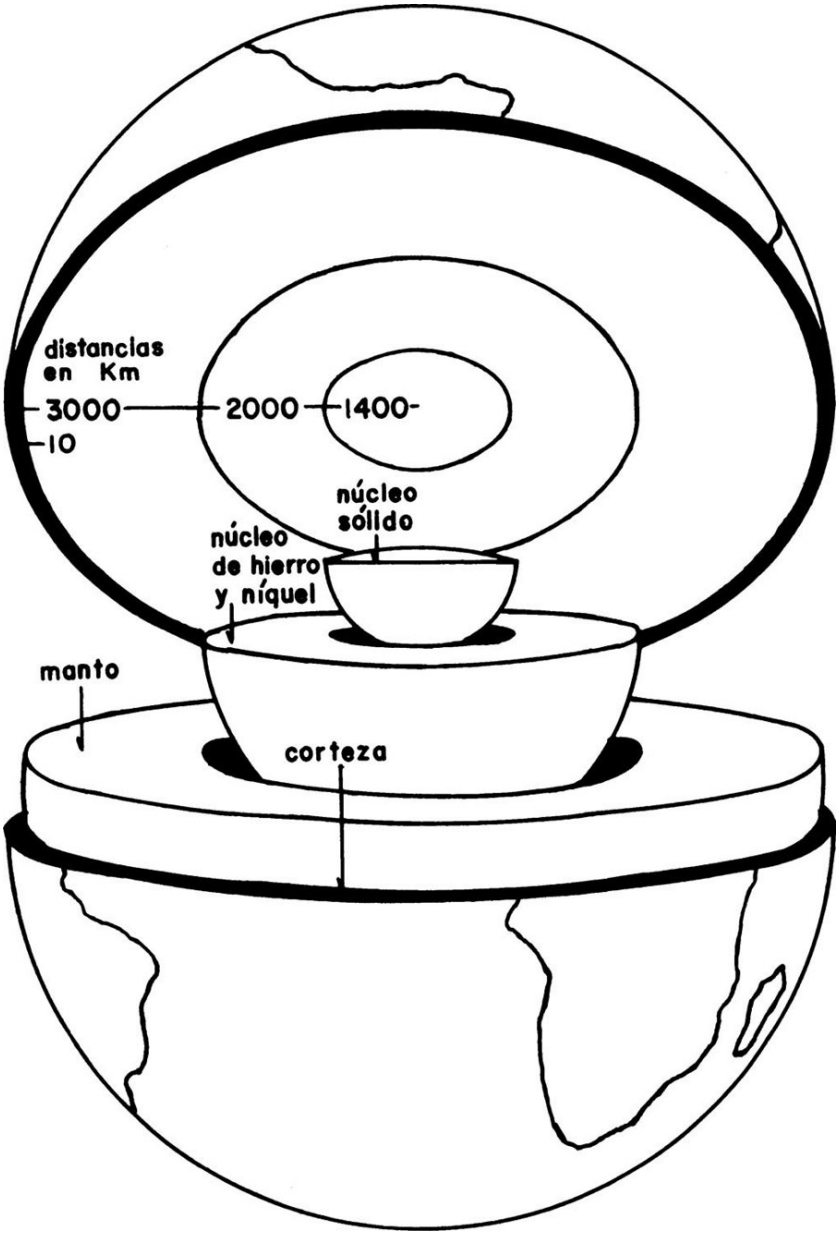


FIGURA 16. Representación de un modelo de la estructura de la Tierra.

Como caso concreto se tienen los recursos minerales del planeta que han sido explotados a un ritmo mucho mayor que con el que pudieron haber sido transformados a través de las diferentes eras geológicas.

El verdadero aprovechamiento de los materiales con un objetivo industrial masivo empezó cuando mucho hace apenas tres siglos en el caso de los minerales. En el del petróleo el caso es aún más dramático, ya que su explotación comenzó cerca de principios del siglo XX y ya se prevé su agotamiento para finales del mismo. Para normalizar un criterio debería adoptarse una buena postura al respecto.

Una postura centrada, basada en juicios lo más razonables posibles acerca de esta problemática debería responder con argumentos sólidos a las siguientes preguntas:

1) ¿Hasta qué punto depende la humanidad de los recursos minerales que explota y consume?

2) ¿Podrían verdaderamente llegar a agotarse algunos recursos minerales?

3) ¿Sobreviviría la humanidad si se extinguieran algunos de los recursos minerales?

La respuesta a estas preguntas requiere analizar los factores que tienen más relevancia para fundamentar la respuesta.

ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MINERALES

La clasificación primaria de los componentes de la corteza terrestre se hace en términos de los elementos químicos y de su abundancia relativa. Afortunada o desafortunadamente la distribución de dichos elementos en muchos casos varía de región en región.

Se ha determinado que, de todos los elementos que forman la corteza terrestre, el que alcanza el mayor porcentaje es el oxígeno, con 46.6%, y aventaja en mucho al silicio que es el segundo elemento en abundancia, con 27.7%. Los demás elementos con número cercano a 90% aparecen en cantidades muy bajas.

El cuadro IV lista los 15 elementos diferentes que alcanzan un porcentaje lo suficientemente importante como para ser considerados explotables.

En este punto es conveniente dejar bien entendido el significado de cada uno de los números expresados en el cuadro. Por ejemplo, en el caso del cobre, con 0.1% de participación relativa, puede interpretarse que, en promedio, por cada tonelada de corteza terrestre podrían extraerse sólo 100g de dicho elemento. Desde luego que por tratarse de una concentración media, habría rocas con una porción menor y otras con proporciones mayores. Así, existen regiones en donde las rocas son ricas en cobre y alcanzan concentraciones relativas de hasta 15%. Esta situación justifica la necesidad de buscar depósitos donde se localicen concentraciones anómalamente altas, lo cual nos conduce a tratar el caso de los yacimientos.

CUADRO IV. Lista de los principales elementos que componen la corteza terrestre y de su porcentaje relativo.

Elemento	*Porcentaje*
Oxígeno	46.60
Silicio	27.72
Aluminio	8.13
Hierro	5.00
Calcio	3.63
Sodio	2.83
Potasio	2.59
Magnesio	2.5
Resto de elementos	1.41

Nota: El cobre, el plomo, el zinc y el níquel contribuyen, cada uno con aproximadamente 0.1%, mientras que el estaño lo hace con 0.001%; el mercurio con 0.0001% y el oro con 0.00001 por ciento.

YACIMIENTOS

Los yacimientos son regiones perfectamente bien delimitadas en la corteza terrestre donde se encuentran uno o más elementos en concentraciones superiores a los valores promedio y que, por lo tanto, hacen económicamente atractiva su explotación.

Una actitud muy natural es preguntarse, ¿cuáles son las causas o fenómenos que han dado lugar a los yacimientos? A este respecto no existe actualmente una respuesta total, pero se sabe que su formación ha estado ligada a causas como: a) fenómenos relacionados con la actividad magnética; b) procesos biológicos; c) filtración y corrientes subterráneas de agua; d) erosión heterogénea

de la corteza, y algunos otros motivos más.

Desde un punto de vista científico, el estudio de la formación de yacimientos es muy interesante y demanda hacer inferencias sobre los elementos geológicos o condicionantes del momento que propiciaron la aparición de un yacimiento con determinadas características. Además, la predicción, localización y exploración de yacimientos es una actividad de alta prioridad para allegarse de materia prima para los materiales.

En épocas remotas, la localización de los yacimientos era una actividad fortuita. En contraste, las sociedades tecnificadas de la actualidad utilizan la percepción remota a través de satélites espaciales para proceder a búsquedas más efectivas y con bases totalmente científicas. Como una consecuencia natural, la explotación de los recursos minerales empezó en la Antigüedad por los yacimientos más superficiales y más ricos. No obstante que hoy en día la mayor parte de los nuevos yacimientos deben localizarse mediante técnicas costosas, se acepta que sólo entre 1 y 10% de los sondeos realizados conducen a descubrimientos de yacimientos explotables.

A lo largo de esta línea y abundando en la problemática de los yacimientos se sabe que, incluso cuando se ha localizado un yacimiento explotable, se enfrentan dudas técnicas trascendentales que incluyen los siguientes puntos: 1) calidad del yacimiento (contenido y naturaleza de las impurezas, riqueza del mineral, etcétera); 2) cantidad de mineral explotable, y 3) dificultad de extracción.

Aún con la tecnología actual, la respuesta a estas tres incógnitas sólo es conocida sobre la marcha; es decir, ya que el yacimiento se encuentra en plena explotación, por lo cual el aspecto económico es

altamente limitante.

Dependiendo de las características de los yacimientos, su explotación puede hacerse mediante minas subterráneas o a cielo abierto. Estos tipos de explotación plantean consideraciones técnicas, económicas y de contaminación. Con respecto al primer punto, las concentraciones en los yacimientos que han permitido una rentabilidad aceptable pasaron de 1.2% a 0.015% para el estaño, y de 2.1% a 0.6% para el cobre en el periodo 1925-1971.

Con respecto a la contaminación, poco se ha hecho para minimizarla, pero, sin lugar a dudas, las enormes superficies explotadas a cielo abierto, o bien las enormes superficies de terreno cubiertas con minerales de desperdicio de las minas subterráneas producen erosión y contaminación ecológica. Este debería ser uno de los principales elementos de preocupación en las sociedades hiperindustrializadas.

Las actividades de extracción y utilización de minerales aumentan de manera rápida y constante. En todo lo que va de este siglo no se han visto disminuciones en la extracción y utilización de ningún mineral; no obstante que continuamente se crean procesos para fabricar materiales de sustitución, y a la existencia de otros factores económicos y políticos.

CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES

Los minerales en explotación son agrupados en tres categorías: a) metálicos, b) no metálicos, y c) energéticos.

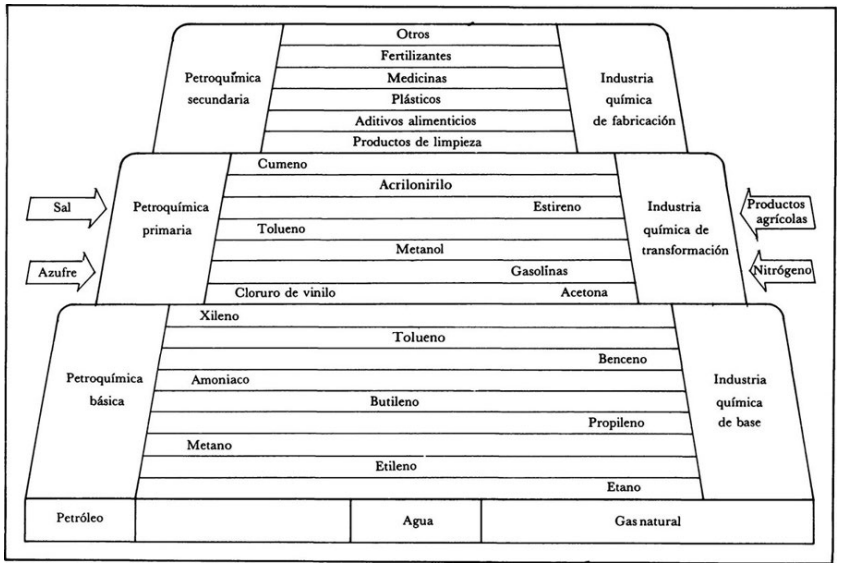


FIGURA 17. Pirámide de la petroquímica con sus principales divisiones y productos.

El grupo de los minerales metálicos incluye el hierro, el cobre, el plomo y el zinc, que alcanzan una participación global de 20% de la producción total de minerales.

Los minerales no metálicos comprenden las potasas, los fosfatos, el azufre, los diamantes, etcétera. Su participación es baja ya que sólo alcanzan 5% de la producción total.

Los minerales energéticos (combustibles fósiles y materiales radiactivos) presentan un tipo de explotación muy considerable, ya que participan con 75% del total de la producción de minerales. El petróleo representa la fuente energética más importante del mundo contemporáneo y su explotación industrial comenzó en 1859 con la apertura del primer pozo en Pensilvania, Estados Unidos. Los

derivados del petróleo abarcan la gasolina; el diesel; los gases condensables butano y propano (para uso industrial y doméstico); y los gases no condensables, base de la petroquímica, con los cuales se fabrican plásticos, detergentes, abonos, insecticidas y fibras sintéticas. De manera muy esquematizada se presenta esta generación de materiales en la figura 17, que muestra la pirámide de la petroquímica y sus principales divisiones y productos.

El segundo energético en importancia es el gas natural, constituido por los componentes volátiles resultantes del proceso normal de la formación del petróleo. Dentro de la tecnología actual de aprovechamiento de este energético existen sistemas de licuefacción y regasificación que permiten su transporte internacional. De esta manera, este recurso es sólo utilizado óptimamente en los países industrializados.

El carbón tiene tres variedades principales industrializables (antracita, hulla y lignito) y se considera que será el recurso que cubrirá las necesidades de energía de la sociedad después del agotamiento del petróleo.

Los minerales radiactivos han tenido una utilización paulatina, generalizada aunque muy controvertida. Su uso actual en los reactores nucleares es altamente criticado tras el historial de accidentes tan peligrosos como el de los reactores de la isla de Tres Millas en Pensilvania y de Chernóbil en la URSS. Al principio, en 1945, esta energía se usó con fines exclusivamente militares (bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki) y, a partir de la década de los años setenta, la crisis petrolera hizo que se pensara en la energía nuclear para generar electricidad, inyectándole un gran ímpetu a esta industria. Sin embargo, por el riesgo tan grande de daño ecológico irreversible que plantea, muchos reactores nucleares no pasaron la etapa de planeación y actualmente esta industria enfrenta un rechazo generalizado por parte de la mayoría de los ciudadanos del mundo. En un capítulo posterior se revisará con más

detalle el concepto de los combustibles nucleares y sus desechos.

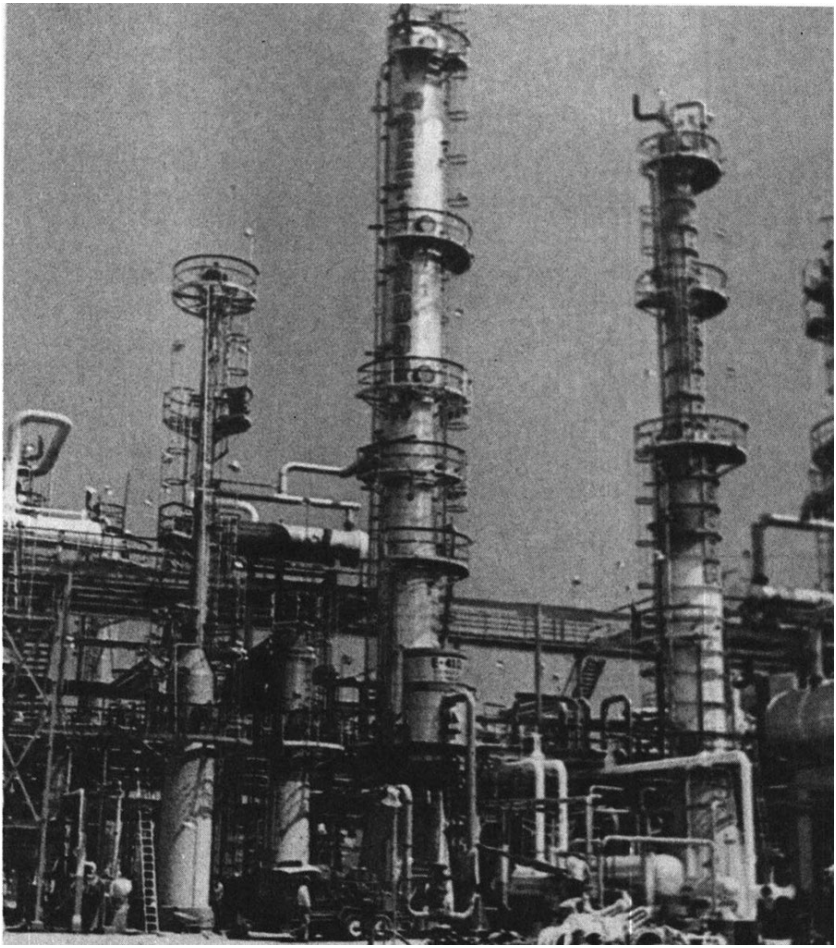


FIGURA 18. Vista parcial del complejo petroquímico de La Cangrejera en Minatitlán, Veracruz.

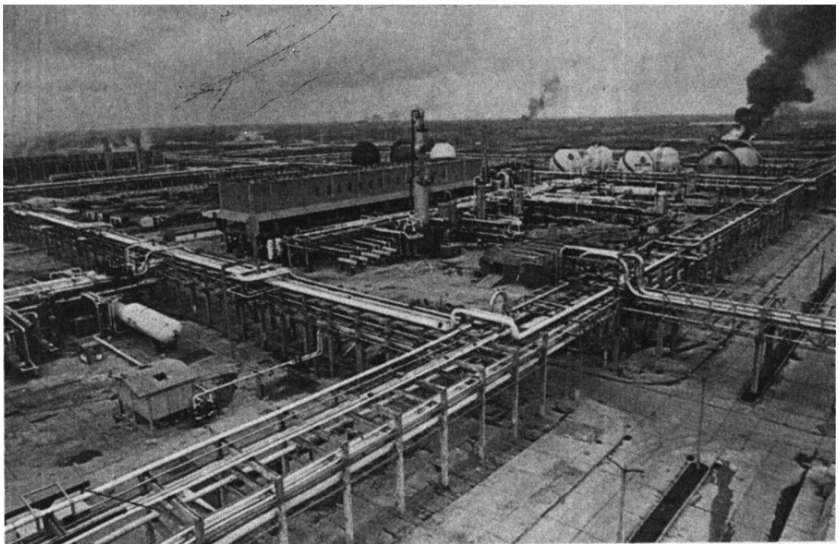


FIGURA 19. Vista parcial de una planta separadora de gas y petróleo y parte del sistema del gasoducto Cactus-Monterrey en México.

IMPLICACIONES Y NECESIDADES DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES

DERIVADOS DE RECURSOS MINERALES NO RENOVABLES

El ritmo contemporáneo de producción de materiales a partir de minerales es extraordinario y, en particular, el caso de la extracción y utilización del petróleo es verdaderamente espectacular. A continuación presentaremos algunas cifras que justifican esta aseveración.

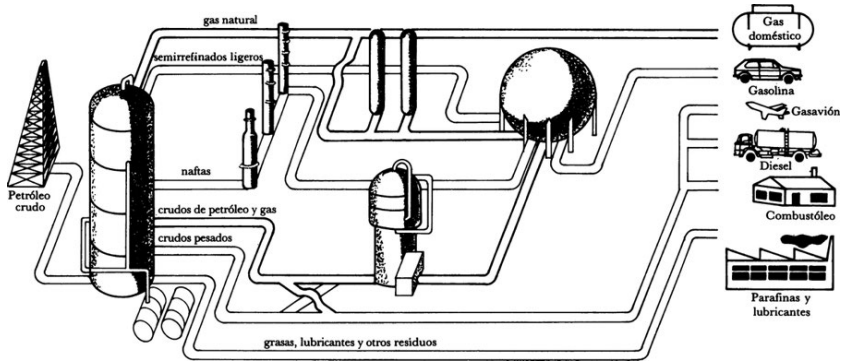


FIGURA 20. Ilustración simplificada de la producción de una refinería.

Existe la tendencia mundial a la producción acelerada de materiales a partir de recursos minerales, pero esto no significa que haya un aumento generalizado y uniforme en el consumo de los mismos en todas las regiones del planeta. De hecho, los países industrializados son los que consumen los porcentajes cada vez más altos de la producción minera mundial.

Estados Unidos y Canadá, algunos países de Europa y Japón (que en términos de población mundial sólo representan 20%), devoran alrededor de 80% de la producción de minerales. Por otro lado, 50% de la población mundial asentada en América Latina, África y Asia (exceptuando China) consume sólo 6% de la producción. Con estas cifras es fácil especular que 1) si el total de la humanidad llegase a alcanzar en conjunto cuando menos una quinta parte del consumo de recursos que hace la sociedad de Estados Unidos, y 2) que la producción mundial pudiera ajustarse a tal demanda, entonces: las cifras actuales de extracción y procesamiento de minerales deberían, cuando menos, triplicarse. La posibilidad del aceleramiento del ritmo de explotación y procesamiento de minerales apremiaría el agotamiento de recursos. La pregunta obligada es: ¿cuál sería la repercusión del agotamiento de los recursos no renovables? A continuación analizaremos el caso.

PROBLEMÁTICA QUE PRESENTARÍA

EL AGOTAMIENTO DE UNO O MÁS RECURSOS NO RENOVABLES

El problema que plantea el agotamiento de uno o más recursos no renovables es cuantificar el efecto en: a) el modo actual de vida, b) en la industrialización, y c) en la posibilidad de sustitución del material o recurso agotado.

Los factores decisivos que modulan la problemática expuesta son: 1) la población humana se multiplica aceleradamente; 2) el incremento acelerado de la utilización de los recursos no renovables, y 3) la confiabilidad de los datos. Desde luego que los hechos cotidianos no dejan lugar a dudas con respecto a los primeros dos factores. Sin embargo, el tercero plantea dudas sobre las cuales no existen, en muchos casos, respuestas totales o categóricas. De primera intención surgen por lo menos tres preguntas importantes: 1) ¿existe un inventario y una medida exacta de la cantidad de cada uno de los recursos no renovables?; 2) ¿no podría esperarse que el progreso de la ciencia y de la tecnología pudiera ayudar a retrasar el agotamiento previsible?, y 3) ¿existe alguna posibilidad de reciclar los minerales procesados y trabajar siempre con una cantidad constante del recurso?

La respuesta a cada pregunta no es fácil, además de que depende de la problemática muy particular de cada uno de los recursos analizados. A este respecto abundaremos en cuanto a los elementos necesarios para plantear una respuesta a la primera pregunta, y con tal propósito definiremos los conceptos de reserva y recurso.

La reserva de un mineral cualquiera corresponde a la cantidad de materia detectada y capaz de ser explotable en la actualidad con la

tecnología existente. El recurso mineral es la materia que podrá ser explotable con muchas probabilidades en el futuro. La diferencia intrínseca de recurso con reserva es que el primero depende de los siguientes factores: riqueza del mineral, extensión del yacimiento, dificultad de extracción, accesibilidad y localización, demanda existente, competitividad económica.

Conforme a lo bosquejado, la problemática que hay que resolver para cada uno de los diferentes materiales es muy compleja, y hoy en día esto no representa ni tarea fácil ni rutinaria ni algo económicamente accesible.

LA LÓGICA DE LA DEMANDA

EXPONENCIAL DE LOS RECURSOS NO RENOVABLES

Un ejercicio imaginario es más que suficiente para demostrar que, independientemente de la incertidumbre de la magnitud de las reservas probadas de algún recurso no renovable, la importancia de la utilización acelerada (o exponencial) del mismo y la magnitud de consumo son los factores que fijarán su agotamiento en tiempos verdaderamente cortos.

Escojamos un ejemplo fácil de entender y libre de complicaciones secundarias. Imaginemos que la fuente del recurso no renovable es una alacena de dimensiones conocidas en la que no se puede ver hacia su interior, pero de la que por métodos indirectos somos capaces de obtener el mineral en dotaciones constantes. Para hacer más específica la descripción, proponemos pensar que el recurso fueran naranjas, las cuales sólo pueden sacarse de la alacena metiendo la mano y sin poder ver hacia el interior. Conocidas las dimensiones de la alacena y que existe material de relleno en la misma, aceptemos que se hacen dos inferencias acerca del número

total de naranjas en la alacena. La primera proposición que sea la inferencia conservadora, que supone la existencia de 16 naranjas en el interior. Por otro lado, supongamos que existe una proposición optimista que supone la existencia de 32 naranjas. Desde luego que la diferencia entre una y otra propuesta es grande, ya que se tiene una discrepancia de 100%. Lo interesante del ejercicio proviene de la forma en que son consumidas las naranjas.

Si, por ejemplo, se acepta consumir una naranja por día, entonces la predicción conservadora espera que las naranjas alcancen para 16 días. La predicción optimista esperará, así, que las naranjas alcancen 32 días.

Si, en contraste, el consumo de las naranjas se hace en forma geométrica o exponencial, entonces el panorama no cambiará drásticamente en cuanto a la duración de recursos. El consumo exponencial es tal que en el primer día se consume una naranja; al segundo día, 2; al tercero, 4; al cuarto, 8; al quinto, 16 y al sexto, 32. En este caso, se tiene que aún cuando la cantidad del recurso concuerde con la estimación optimista, éste durará para satisfacer el consumo de cinco días. Si por otro lado la cantidad real del recurso correspondiera a la cifra conservadora, entonces la duración del recurso será sólo de cuatro días, y podrá argumentarse que en la época que estamos viviendo habría poca diferencia entre que el recurso alcance para el consumo de cuatro o cinco días si no se prepara la humanidad para el quinto día.

Del ejercicio puede concluirse que una certidumbre absoluta en las cifras de reservas minerales tiene poca importancia frente al hecho decisivo del consumo exponencial de recursos.

OTRAS PROBABILIDADES

De manera optimista podría tenerse la confianza de que existen otras posibilidades que aún no han sido consideradas para aliviar en algo esta problemática. En tal sentido se tiene que aceptar en este rubro nuevamente un desafío de los materiales hacia la civilización.

Por ejemplo, podemos argumentar que la corteza terrestre tiene un espesor variable del orden de decenas de kilómetros y que sólo se han rasguñado con las minas las capas más superficiales, unos cuantos centenares de metros. Este planteamiento sugiere que el conocimiento y la tecnología para atacar este asunto son incompletos, y que llegada la necesidad debera encararse el problema y buscarle solución.

Otra de las posibles fuentes de materia prima debido a la acción erosionante de los ríos está en los océanos del planeta y en las sustancias que tiene en solución. En este caso también se han valorado las enormes reservas de cloro, sodio, potasio, magnesio, bromo, boro, azufre, molibdeno, uranio, estaño, cobalto, níquel y cobre. Como dato comparativo puede citarse la cifra que indica que de un kilómetro cúbico de agua de los océanos podrían extraerse más de 40 toneladas métricas de aluminio, hierro y zinc. Como dato curioso en las aguas del mar Rojo es donde se han detectado las concentraciones de zinc, cobre, oro y plata más altas del mundo.

Si llegado el momento la necesidad de recursos fuera muy apremiante, también deberían ser considerados como fuentes de materiales los fondos de los océanos. Estas regiones son en general zonas totalmente inexploradas, pero su explotación no se ve sencilla, no tanto por los esfuerzos económicos y tecnológicos que demandarían, sino por el problema político y de relaciones humanas que plantearían en el planeta. Lógicamente puede preguntarse, ¿a quién pertenecen los fondos de los océanos?, y también podría preguntarse si ¿una vez agotadas las reservas

tecnológicamente explotables en los continentes, la industrialización de los fondos marinos por países poderosos no agravaría más la diferencia entre desarrollo y subdesarrollo?

La posibilidad de explotación del fondo marino quedará en función del progreso tecnológico y, aquí nuevamente, en el panorama aparece de manera insoslayable el desafío tan poderoso que significará para la civilización del futuro allegarse de recursos materiales para la satisfacción de sus necesidades basadas en una lógica de crecimiento exponencial.

En definitiva, la problemática asociada con una fuente finita de recursos no renovables es muy compleja y sólo permite hacer unas cuantas generalizaciones. En ellas quedan, de manera interdependiente, áreas muy disímbolas como la técnico-científica, las ecológicas, las sociales y las políticas. En todas ellas deberán esperarse y propiciarse los cambios efectivos que permitan incidir sobre la problemática y sus soluciones.

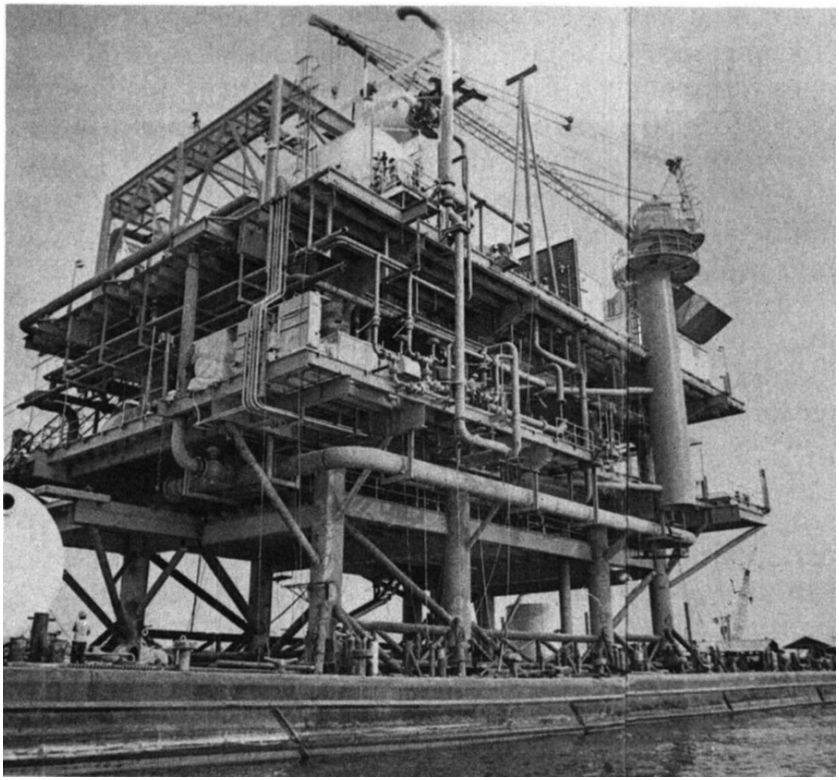


FIGURA 21. Ilustración de una plataforma marina para la extracción y procesamiento de petróleo, fabricada en México.

Dentro de las generalizaciones se contempla la lucha de una población mundial excesiva por una cantidad insuficiente de subsistencias. Aunque también existen los problemas imponderables como el hambre, la guerra y la enfermedad que podrían modificar sustancialmente todo tipo de análisis.

Lo que sí puede vislumbrarse y plantearse hipotéticamente para el futuro es que la solución a los problemas planteados en este capítulo implicará posibilidades de progreso técnico y social, y además la insoslayable perspectiva de una racionalidad por ahora

inexistente de la explotación de la naturaleza, con sus efectos ecológicos tan devastadores.

Existe al menos un factor atenuante que consiste en la explotación de recursos renovables. Para analizar esa problemática se ha introducido el siguiente capítulo.

IV. Fuentes renovables de materia prima para los materiales

Ad augusta per angusta

(A las cosas augustas

por los caminos estrechos)

INTRODUCCIÓN

LA PROBLEMÁTICA del aprovechamiento de los recursos no renovables finitos plantea la necesidad de encontrar fuentes alternativas de recursos del tipo renovable. Esta situación parece lógica y adecuada, ya que así se podrían satisfacer o sustituir en lo posible las necesidades de algunos materiales. Sin embargo, la producción de recursos renovables significa mucho trabajo en comparación con el trabajo que ha requerido utilizar recursos ya generados como los no renovables.

El objetivo de este capítulo es bosquejar la diversidad de situaciones que surgen al contemplar la necesidad de generar recursos renovables para el futuro.

Al decir término renovable se considera la necesidad de utilizar el hábitat del hombre como el escenario donde, por algún proceso agrícola o zootécnico, la sociedad pueda allegarse de recursos y

subsanar parte de sus necesidades materiales.

Bajo este planteamiento existen las posibilidades de implantar o realizar cultivos nuevos destinados a cubrir necesidades específicas, o bien utilizar y adaptar las fuentes actuales de recursos en los casos donde esto sea posible.

La naturaleza ha sido sorprendentemente hábil a través de todos los tiempos. Hasta las plantas más pequeñas son industrias químicas refinadísimas que producen sustancias susceptibles de ser industrializadas. Esta variedad de sustancias van desde azúcares, almidones y ligninas, hasta alcoholes, fibras, hule, madera y papel.

Como dato curioso, es sorprendente también encontrar y resolver la enorme cantidad de problemas que surgen cuando se sintetizan las sustancias que producen las plantas a partir del suelo, el aire y la luz solar. No obstante esto, existe una posibilidad de creación de materiales de recursos renovables entre los que figuran alimentos, textiles y productos industriales, medicinales y de ornato. Una lista más detallada al respecto se presenta en el cuadro V.

Es en los cultivos donde se genera la mayor parte de esos materiales y se espera que su importancia siga teniendo la misma relevancia en las épocas venideras. Los cultivos más generalizados son los de cereales, legumbres, tubérculos y raíces, hortalizas, frutas, vid, café, té, cacao, especias y condimentos, plantas medicinales y culinarias, aceites, fibras vegetales y productos forestales.

Debido a estos cultivos se da una competencia considerable y conflictiva de requerimientos del uso del suelo. Como ejemplos pueden citarse los listados en el cuadro VI.

A manera de ejemplo, y para ilustrar los conceptos discutidos, presentamos de manera breve el caso de un material renovable tan ampliamente utilizado dentro de la civilización como la madera, que ha sido utilizada durante milenios como elemento estructural, como base para fabricar utensilios y papel y como material combustible. Estos usos siguen siendo actuales y generalizados en los países desarrollados y en los subdesarrollados. Sin embargo, en los primeros la madera ha encontrado una utilización más rentable y refinada, ya que a través de técnicas industriales complejas se le puede utilizar para la obtención del rayón, el celofán, la celulosa para lacas y plásticos, el papel y otros muchos derivados más.

CUADRO V. Posibilidades de materiales producidos a base de recursos renovables.

---

a) Combustibles: desechos órganicos (principalmente)

b) Productos químicos:

b.1 productos con actividad biológica (pesticidas, medicinales, abonos)

b.2 jabones y detergentes

b.3 cosméticos

b.4 cubiertas orgánicas (adhesivos y barnices)

b.5 aditivos para hules y plásticos

b.6 tintes

b.7 lubricantes

b.8 otros

c) Materiales poliméricos:

c.1 pulpa y celulosa para papel

c.2 fibras y otros textiles

c.3 madera

c.4 resinas y ceras

c.5 hules y otros polímeros no celulósicos

d) Alimentos (para consumo humano y animales de cría):

d.1 proteínas

d.2 carbohidratos

d.3 grasas y aceites

d.4 otros

CUADRO VI. Lista de requerimientos para la utilización del suelo.

---

a) tierras de cultivo destinadas a la producción de alimentos para el hombre

b) tierras de pastizales dedicadas a la producción de alimento para el ganado

c) zonas boscosas de producción industrial

d) zonas boscosas cuya madera se usa en la producción de energía

e) zonas urbanas reservadas para:

– parques industriales

– vías de comunicación

– líneas de transmisión y servicios (drenaje, redes de agua potable, acueductos, gasoductos, basureros, cementerios, etcétera)

f) zonas de servicios especializados:

– cotos o parques nacionales

– bases militares

– campos petroleros y mineros

g) zonas inutilizadas

– desiertos

– sabanas

– pantanos

– áreas de actividad volcánica

– áreas montañosas

h) zonas perdidas y/o deterioradas por la erosión

De la superficie terrestre, los bosques ocupan aproximadamente 25%, y al igual que los yacimientos de minerales discutidos con anterioridad, los recursos forestales tampoco se encuentran homogéneamente distribuidos. Actualmente, la URSS cuenta con alrededor de 880 millones de hectáreas de bosques y Brasil, Canadá, Estados Unidos, Argentina y México con 518, 342, 259, 99 y 80, respectivamente.

Los bosques contienen especies maderables y especies no maderables. Las primeras son, desde luego, las de mayor interés económico, en especial las coníferas (ciprés, pino, oyamel y cedro blanco). También existen dentro de las maderables las especies catalogadas como maderas finas; la caoba, el cedro rojo, el huacanaste y la primavera.

La industria relacionada con la madera tiene una importancia mundial muy alta y ocupa un quinto lugar a nivel mundial. Esta situación somete a estos recursos renovables a altas presiones por su demanda y consumo tan elevado. Por ejemplo, sólo en Estados Unidos y exclusivamente en dos aspectos: el consumo de papel por habitante en un año y el de tableros de madera para muebles y estructuras por habitante en un año, rebasaron los 350 kg y los 5 m^2 respectivamente. Esta situación demuestra el sacrificio alarmante de los recursos forestales necesarios para satisfacer el consumo doméstico e industrial. Si a estas cifras se aumenta el deterioro de estos recursos debido a plagas, enfermedades, incendios, y que sólo 40% de los bosques son industrializables, se vislumbra lo tirante de la situación mundial en cuanto a este recurso.

FIGURA 22. Proyecto Integrado de Desarrollo Regional Chicontepec, en donde se pretende producir petróleo y alimentos en

un equilibrio armónico.

LA PROBLEMÁTICA DE LOS CULTIVOS

Como las plantas constituyen el alimento principal de la mayoría de los organismos superiores, probablemente sin sentirlo, el hombre ha explotado en esencia aquellos vegetales de rápida reproducción. Por eso sólo se han cultivado unos cuantos miles de especies de plantas, pero en la Tierra hay cerca del cuádruple de especies que podrían ser evaluadas para buscar alternativas mejores y más específicas.

La desventaja enorme de los productos hechos a base de recursos renovables es que una gran cantidad de factores climatológicos, biológicos e imponderables influyen en mucho su capacidad de recurso confiable. Además, la generación de nuevos materiales de recursos renovables en cultivos extensos competirá contra la capacidad del planeta para producir alimentos.

El pronóstico del crecimiento demográfico forzará irremediablemente el aparato productivo del planeta en todos sus niveles de producción de alimentos y energía y utilización de minerales y agua. Estudios recientes indican que en el mundo hay como máximo 3 200 millones de hectáreas potencialmente cultivables, y que se cultiva, aproximadamente, la mitad más rica y accesible de esta tierra. Para hacer productiva la otra mitad se requerirán grandes sumas de capital para limpiarla, irrigarla y fertilizarla, cuyo costo se estima entre 200 a 6 000 pesos por hectárea.

Otra limitante de la agricultura es la disponibilidad de agua. Como

en promedio existe una cantidad limitada de ella que fluye anualmente sobre la superficie del planeta y también un pronóstico exponencial de demanda que compartir con necesidades humanas y de industrialización, seguramente habrá en un futuro cercano una competencia encarnizada por este recurso.

Desde luego que abrir nuevas tierras al cultivo ampliará el uso de fertilizantes y pesticidas y drenará también recursos no renovables como el petróleo. En la ausencia de cifras claras de cuánto se necesita por hectárea nos limitaremos a señalar y aceptar lo cualitativo de la situación.

La idea de utilizar en el futuro los recursos renovables demanda comenzar investigaciones más centradas: 1) de industrias que no van a desaparecer porque su materia prima podrá renovarse periódicamente; 2) de prevención a la contaminación con los nuevos materiales haciéndolos biodegradables o de fácil incorporación al ciclo de materiales, y 3) de implantación expedita de cultivos útiles, precoces e industrializables.

Deberá valorarse también que el tiempo necesario para poner en práctica cualquier resultado promisorio puede dejar sentir su efecto hasta algunos años después; es decir, el efecto no tiene por qué darse de inmediato debido a la alta complejidad del problema.

En el presente es posible esperar que con bases sólidas la producción y mejoramiento de los materiales provenientes de los recursos naturales podría implantarse a través de una o más de las siguientes líneas de acción: 1) disminución de las pérdidas en siembras y cosechas por plagas y enfermedades de las plantas; 2) incremento mundial de la producción de áreas de cultivo a través de las técnicas modernas de invernaderos y de dosificación de irrigación y nutrientes; 3) incremento de la eficiencia de los

fertilizantes y disminución del empobrecimiento del suelo, y 4) incremento de las áreas cultivables.

En resumen, hacen falta enfoques más visionarios e integrados hacia el futuro que tomen en cuenta la alternativa de explotación de nuevas fuentes de materia prima y también la utilización de desechos por medio de procesos eficaces de reciclado. Esta parece ser la única alternativa viable para eliminar la dependencia de los recursos no renovables.

Con esta última idea es necesario presentar a continuación las posibilidades de planes científicos y tecnológicos estructurados y tendientes a incidir sobre la problemática que se ha venido exponiendo hasta este punto. Éste es el motivo del siguiente capítulo.

V. Ciencia y tecnología de materiales

Hic iacet lepus

(Aquí yace la liebre)

INTRODUCCIÓN

TODOS los aspectos de la vida cotidiana indican que estamos viviendo una era ciento por ciento tecnológica y que la humanidad ha alcanzado un clímax tal que no olvidará. Tampoco renunciará al éxtasis de haber dominado la materia en muchos aspectos.

La tecnología de materiales es milenaria y sus orígenes pueden remontarse al momento en que las criaturas antropoides pudieron proveerse de rocas o utensilios pétreos adaptados para cortar y despedazar objetos de acuerdo con su voluntad o necesidad. En este aspecto entenderemos simple y llanamente que la tecnología es la capacidad disponible por el hombre para ejecutar ciertas actividades con la ayuda de objetos ajenos a su cuerpo.

Como se documentó en el capítulo II, en forma evolutiva el hombre se ha esforzado por aumentar sus capacidades físicas a través de herramientas, armas y maquinaria. Asimismo, en su continuo devenir hacia el presente, varios miles de generaciones de humanos han enfrentado su creatividad y capacidad inventiva para

industrializar los materiales, hasta alcanzar una tecnología considerable.

La industrialización de los materiales es un enorme motivo de bienestar y, a la vez, de desigualdad social mundial de magnitud que el hombre jamás ha conocido. Hay sociedades que emplean obligadamente la más alta tecnología y llevan un ritmo de vida vertiginoso y ciento por ciento automatizado. Pero también hay sociedades que presentan un atraso de siglos y su tren de vida es equiparable al de los pueblos nómadas y recolectores de hace muchos siglos. No obstante los esfuerzos tan desesperados que hacen los países en desarrollo para no quedar a la zaga socioeconómica, la brecha que los separa de los países industrializados se ensancha cada día más y más. A este respecto, además de la idiosincrasia de los pueblos, la opinión generalizada designa a la tecnología como la principal causante de esa divergencia.

LA RELEVANCIA DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología, con la consecuente industrialización de la materia, constituye la actividad contemporánea encaminada al dominio de la naturaleza por el hombre. Lo mejor de este proceso es que constituye un cambio irreversible, y sopesando sus bondades y desatinos, es el camino de la humanidad para alcanzar niveles de vida capaces de satisfacer las necesidades humanas de alimentación, vivienda y salubridad.

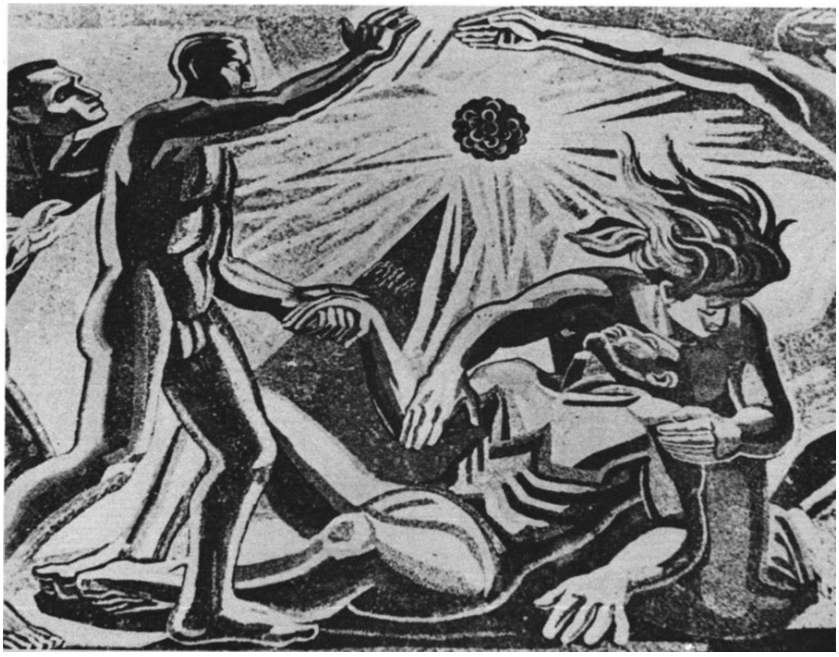


FIGURA 23. Detalle del mural La conquista de la energía de José Chávez Morado, en Ciudad Universitaria, México, D. F.

Con este enfoque, los materiales se han colocado en la encrucijada de la ciencia y la tecnología. Esta posición estratégica e importantísima se ha dado muy recientemente por el ámbito tan extenso de los programas trascendentales de investigación y desarrollo fomentados por los consorcios y los gobiernos de los países desarrollados. La presentación de un caso concreto ejemplificará estas aseveraciones.

Inmediatamente después de terminada la segunda Guerra Mundial, Japón estaba arruinado, 40% de su superficie urbana arrasada, su industria destruida y su agricultura empobrecida. Haciendo un proceso de cálculo, conforme a lo visto en el capítulo I, el producto interno bruto de esa nación era de casi cero dólares per cápita; en

1945 se dio al final un promedio de 20 dólares per cápita. El milagro japonés encierra el misterio de que, no obstante que terminaron dañados en su aparato de producción y lastimados en lo social y lo psicológico, y que su isla no contiene yacimientos explotables de petróleo, carbón, hierro o uranio, el pueblo se comprometió a fondo a utilizar la materia que importaban y crear materiales y equipos exportables de la más alta teconología. De tal modo que en 1956 levantaron su producto nacional bruto a 300 dólares per cápita; en 1967 a 1 000; en 1970 alcanzaron 1 800; doblaron esta cifra en tres años para que en 1973 fuera de 3 600, y su despegue ha sido tal que en 1979 llegaron a 10 000, y en 1980 hasta 12 000 dólares per cápita, sólo superados por Suiza y Kuwait. Sin quitar valor a la idiosincrasia y dedicación del pueblo japonés, esta elevación de su nivel de vida la logró a pulso, al haber inovado incesantemente la tecnología de materiales.

LA CIENCIA DE LOS MATERIALES

La creación de materiales se ha desarrollado en forma más práctica que teórica. En la actualidad la situación se ha invertido debido al surgimiento de un área del conocimiento que trata de las propiedades, las características y las aplicaciones de la materia. Ésta tiene como objetivo correlacionar la estructura última de la materia con sus propiedades macroscópicas de acuerdo con los principios de la física y de la química. Actualmente la efervescencia científica en esta área intenta borrar las diferencias en las descripciones aceptadas de los diferentes materiales.

Con el advenimiento de la ciencia de materiales ya ha sido posible diseñar, en algunos casos, las propiedades de la materia para ser utilizada. Éste es un enfoque ciento por ciento diferente al que tenía el usuario en el pasado, quien aceptaba con resignación las propiedades de la materia.

De esta manera, y a diferencia de lo ocurrido en las edades de la piedra, el bronce, etcétera, la humanidad se está aproximando a una super era: la edad de los materiales en los que será posible lograr la convergencia entre teoría y experimento para diseñar los más adecuados de acuerdo con las necesidades de la civilización. Esta actividad correspondería precisamente a la ingeniería de materiales.

La ciencia de materiales y su eterna acompañante, la ingeniería de materiales (hay que recordar que materia sin uso no da un material), están moduladas en alcances y pretensiones por los factores del mundo moderno: ecología, economía y necesidades humanas más especializadas. Algunos ejemplos que demuestran esta aseveración son los casos de los materiales plásticos, los materiales semiconductores, los combustibles nucleares y los fármacos, y la descripción detallada de éstos es el tema del siguiente capítulo.

La metodología de la ciencia e ingeniería de materiales puede definirse en forma simple como la actividad consistente en la búsqueda de respuesta a las siguientes preguntas fundamentales: a) ¿cuáles son los métodos específicos de obtención del material?; b) ¿cómo obtiene un material su microestructura final?; c) ¿cómo obtiene ese comportamiento específico durante su procesamiento?; d) ¿cómo obtiene sus propiedades físico-químicas finales?; e) ¿cómo se logran sus aplicaciones más adecuadas?

Además de este grupo de cuestiones aisladas o independientes también existe otro ligado o interdependiente. Para este caso es necesario responder a lo siguiente: 1) ¿en qué forma dependen las propiedades fisicoquímicas del procesamiento del material y viceversa?; 2) ¿de qué dependen las aplicaciones de su procesamiento y viceversa?; 3) ¿dependen las aplicaciones de las propiedades fisicoquímicas del material y viceversa?

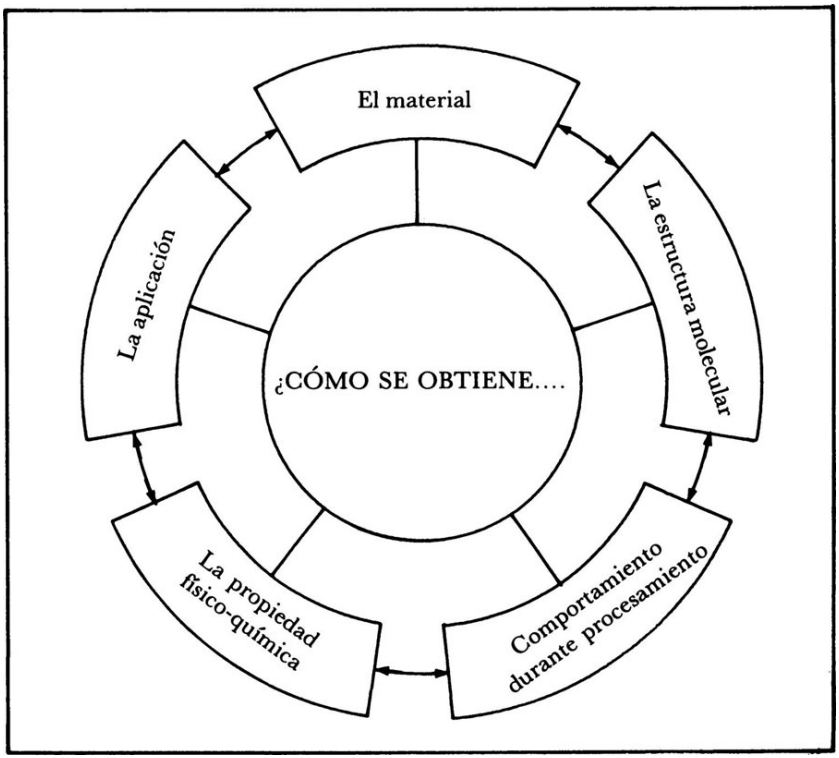


FIGURA 24. Metodología simplificada de la ciencia e ingeniería de materiales (aspectos independientes).

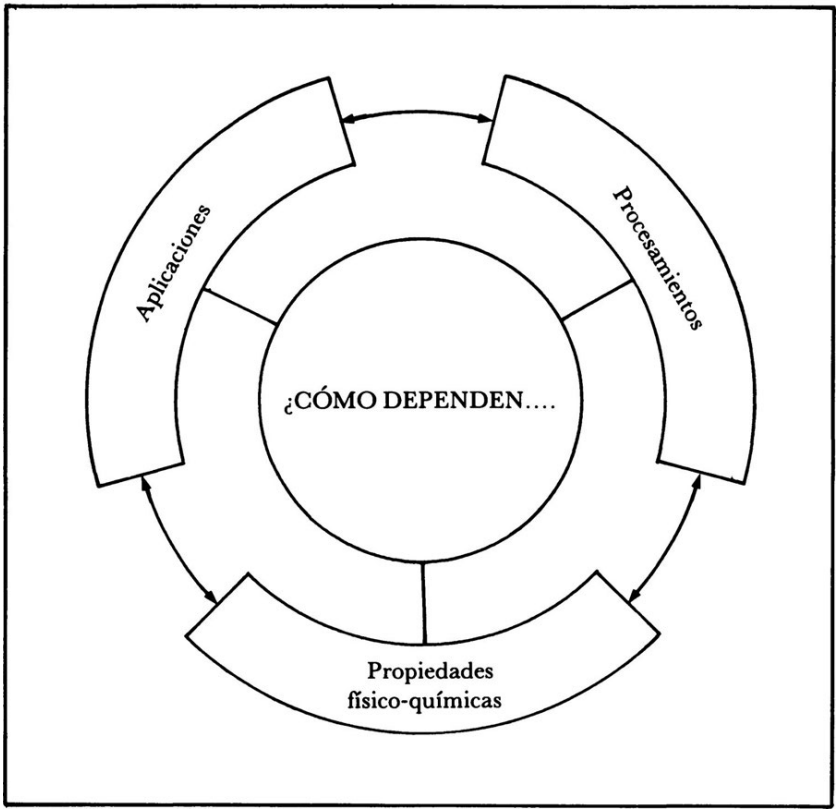


FIGURA 25. Metodología simplificada de la ciencia e ingeniería de materiales (aspectos interdependientes).

Como reafirmación al concepto recién descrito se presenta en forma gráfica la metodología de la ciencia e ingeniería de materiales en sus aspectos independientes e interdependientes en las figuras 24 y 25.

La ciencia de materiales ha servido para mostrar que el entendimiento de las propiedades fisicoquímicas de cualquier material es resultado de su microestructura, o sea de la manera ordenada o desordenada en la que se acomodan los átomos que lo

constituyen. Asimismo, también se ha fundamentado que las propiedades que se observan y se aprovechan son el resultado del efecto conjunto de los átomos y no de las propiedades aisladas de los mismos. Por lo tanto, la ciencia de materiales trata de controlar esos parámetros de la manera más precisa y reproducible posible, lo cual ha logrado exitosamente para varios materiales.

Los ejemplos más comunes y más interesantes del éxito de la ciencia de materiales se describirán en el siguiente capítulo.

VI. Materiales del siglo XX

Res, non verba

(Hechos, no palabras)

INTRODUCCIÓN

ESTE CAPÍTULO tiene como objetivo reseñar cuatro tipos de materiales que son ya ejemplos clásicos de los logros de la recién conformada ciencia de materiales. Los materiales que aquí se tratarán son altamente dependientes de una infraestructura que se alcanzó en los últimos 50 años.

Los casos que se analizan corresponden específicamente a los fármacos o medicamentos, a los materiales semiconductores, a los materiales poliméricos y a los combustibles nucleares. Su utilización ha traído a la sociedad consecuencias fuera de toda proporción a su costo o a su problemática de elaboración. En su desarrollo se llegó a utilizar un alto grado de refinamiento que ahora ya resulta sencillo o superado. Sin embargo, estos materiales y sus tecnologías representan los puntos de partida de los materiales del siglo XXI.

LOS FÁRMACOS

Con el nombre de fármacos se agrupan todos aquellos medicamentos susceptibles de ser utilizados por el hombre para el control o combate de padecimientos o enfermedades.

La mayoría de las medicinas de las que dispuso el hombre desde tiempos ancestrales para tratar sus padecimientos o enfermedades no rebasaron la veintena de productos. Sin embargo, comparados ahora con los antibióticos y las sulfas, esos medicamentos alcanzan sólo la definición de primitivos. Durante toda la historia de humanidad, y dependiendo de la enfermedad, muchos de esos remedios pudieron no haberle hecho nunca un bien al enfermo, pero, en contraposición, el enfermo pudo haber sido muy afortunado si no le provocaron efectos dañinos.

El conjunto de medicamentos utilizados hasta el año 1900 estaba compuesto por los siguientes elementos principales: laxantes, usados durante muchos siglos para los trastornos estomacales y otros padecimientos; la quinina, que es un alcaloide vegetal extraído de la corteza del árbol de la quina y se empleó para combatir la fiebre y la malaria desde el siglo XVII; la vacuna, que empezó su utilización contra la viruela en la medicina preventiva desde principios del siglo XIX; la cocaína, que se usó como anestésico local desde finales del siglo XIX, lo mismo que la morfina, que es un derivado del opio; la digitalina, que es un glucósido extraído de las hojas del arbusto digital, el cual se empezó a usar como estimulante cardiaco desde fines del siglo XIX, y la aspirina, que aún sirve como analgésico leve y que apareció como medicamento desde 1894.

Durante la primera mitad del siglo XX se ha producido una nueva gama de medicamentos íntimamente relacionados con el desarrollo de la medicina y la cirugía. Así los avances de la medicina y la cirugía en este siglo han sido espectaculares. En esta época los médicos disponen de un arsenal de miles de productos destinados a combatir enfermedades o padecimientos de muchos organismos

biológicos.

La introducción de los fármacos ha sido muy exitosa en los diferentes empleos que se les ha dado: antibióticos, antidepresivos, antivirales, diuréticos, analgésicos, hormonas, etcétera. Otro tipo de productos también destinados a combatir microorganismos en el hábitat del hombre también han resultado trascendentales, tal es el caso de los insecticidas y los germicidas.

La lucha contra las enfermedades infecciosas ha resultado en la producción de algunos medicamentos importantísimos entre los que se encuentran la “arsfenamina” que describió Paul Ehrlich por 1909 y que atacaba la sífilis.

Las sulfanilamidas son compuestos sintéticos que se caracterizan por tener átomos de azufre en su molécula y por ejercer una acción antimicrobiana. Fueron sintetizadas hacia 1932 por Gerhard Domagk y se les denominó el medicamento maravilloso. Se les empleaba para atacar a los estreptococos que aparecen frecuentemente en las infecciones del cuerpo humano.

Otro descubrimiento trascendental fue el aislamiento de las células del hongo Penicillium notatum que atacan a las colonias de bacterias. Éste fue el origen de la larga cadena de antibióticos o de los fármacos agrupados comúnmente como penicilina. Estos materiales pudieron contrarrestar exitosamente varias enfermedades sin causar graves efectos colaterales.

Parientes cercanos de los antibióticos, por su acción de atacar los organismos vivientes macroscópicos perjudiciales al cuerpo humano y a los alimentos del hombre, son los insecticidas y los germicidas.

El químico suizo Paul Müller encontró que el compuesto dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) resultaba estable, era inofensivo durante su aplicación a otras formas de vida distintas de los insectos y que era económico. Estas características propiciaron que durante 1939 este insecticida tuviera aplicaciones masivas en Suiza, los Estados Unidos y en las zonas de combate de la segunda Guerra Mundial. A los soldados se les aplicaba directamente el DDT para evitar los piojos y las epidemias de tifo que proliferaban por las condiciones insalubres del escenario de la guerra.

El caso del DDT permite ejemplificar de manera muy ilustrativa el destino que habrán de sufrir y han sufrido muchos de los materiales que el hombre ha desarrollado. Este insecticida tuvo su nacimiento, su desarrollo, una época de auge y una declinación dramática como a continuación se detallará.

El DDT fue originalmente sintetizado en Alemania por Zeidler en 1874, pero se le tuvo como una curiosidad inútil hasta 1939 cuando Müller descubrió sus propiedades insecticidas. Casi dos décadas después por este hallazgo se le otorgó el Premio Nobel de Medicina (en 1948). A partir de 1949 comenzó la utilización masiva del DDT en la agricultura y en las áreas habitadas por animales y seres humanos.

Los avances científicos en muchas áreas de la química y la biología, la modernización de las técnicas analíticas y el uso prolongado del compuesto desde 1950 hasta 1965 descubrieron la resistencia o tolerancia inducida de muchos insectos al efecto del DDT. Además, la competencia del mercado de insecticidas estaba en una etapa de pleno despegue y se trataba de conseguir sustancias más baratas de producir, de más fácil aplicación, menos tóxicas (al productor, al consumidor y al medio ambiente), y de mayor actividad insecticida. Con esto, el DDT se enfrentó a otros insecticidas estadunidenses y

franceses.

En la década de 1960 a 1970 se advirtieron daños fisiológicos y ecológicos en las especies animales en el caso de dosis superiores a un valor crítico, dependiendo de la especie animal estudiada, lo mismo que en el hombre.

Debido entonces a que se descubrió la toxicidad del DDT su uso ha sido prohibido en varias naciones. Desde 1970 el gobierno de los Estados Unidos ha restringido severamente su utilización y en varios de sus estados se encuentra totalmente prohibido. De lo anterior, puede verse que muchos de los materiales que actualmente se encuentran en franca utilización tendrán que arrostrar un destino semejante al del DDT.

Pero regresemos al tema general de los fármacos para describir someramente algunos medicamentos dignos de mención.

Para combatir las enfermedades no contagiosas se aislaron las vitaminas, que sirvieron para atacar específicamente al beriberi, las anemias, el escorbuto y la pelagra. También se llegó al descubrimiento de las hormonas de las cuales sobresale la insulina, indispensable en el tratamiento de la diabetes. En la actualidad estos productos pueden obtenerse por dos vías alternativas: la natural, a partir de organismos vivos, y la sintética, en un laboratorio.

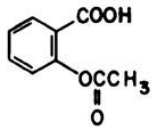
La lucha aún continúa, y se estudian las causas y efectos de muchas enfermedades para proceder a su tratamiento. Hasta el momento, las enfermedades más difíciles de combatir han sido el cáncer y el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida) en cuyos casos se espera tener medios confiables para combatirlos a través de

medicamentos.

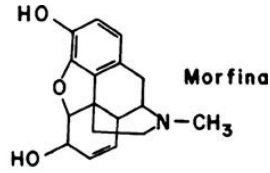
Dejaremos fuera de esta discusión a muchos fármacos que, si el tema ha resultado de interés, podría ser útil profundizar en su estudio con otro esquema. Tal es el caso de los analgésicos, los psicotrópicos, los barbitúricos, los inmunológicos, los antihistamínicos y las vacunas. Con esta información puede advertirse de lo abundante que resulta el tema y del esfuerzo logrado durante este siglo para conseguir este espectro tan amplio de fármacos.

El cuadro VII lista una selección de los principales antibióticos. Estos medicamentos se obtienen a partir de sembrar en medios de cultivo adecuados los microorganismos que las cosechan y que permiten la extracción de la sustancia activa por métodos químicos o físicos. En este sentido, el procedimiento de sembrar, cultivar y cosechar microorganismos muestra un alto grado de refinamiento en la manipulación de microorganismos. En este caso nuevamente encontraremos válida la definición del capítulo I: “materia viva + uso = material”.

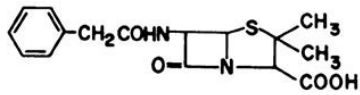
El cuadro VIII muestra una selección de las sulfamidas, vitaminas y hormonas que están a disposición de la medicina moderna.



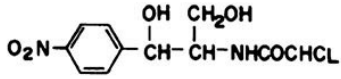
Aspirina



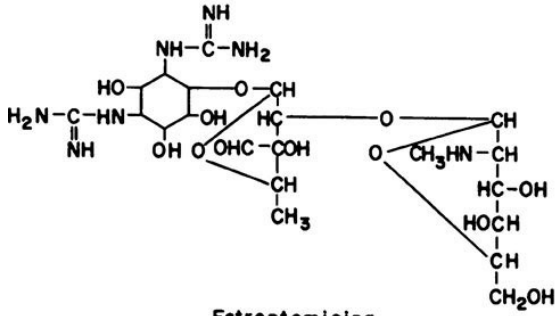
Morfina



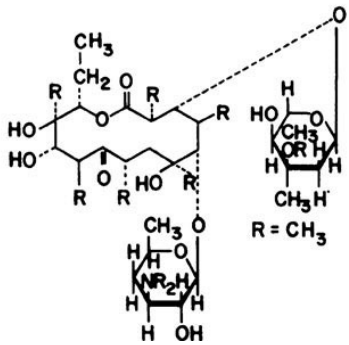
Penicilina G



Cloramfenicol



Estreptomicina



Eritromicina

FIGURA 26. Estructura química de algunos de los fármacos más importantes.

CUADRO VII. Selección de los principales antibióticos de uso generalizado en la medicina contemporánea.

penicilina	kanamicina
tetraciclina	rifocina
cloramfenicol	cicloserina
estreptomicina	cefalosporina

CUADRO VIII. Lista de las principales sulfamidas, vitaminas y hormonas de uso generalizado en la medicina contemporánea.

Sulfamidas	*Vitaminas*	*Hormonas*
Sulfafurazol	A	insulina
Sulfametiazol	Complejo B (B_1, B_2)	cortisona
Sulfoguanidina	C	progesterona
ftalilsulfatiazol	D	testosterona
benzosulfonamina	E	estrógeno
	K	noradrenalina
	H	adrenalina

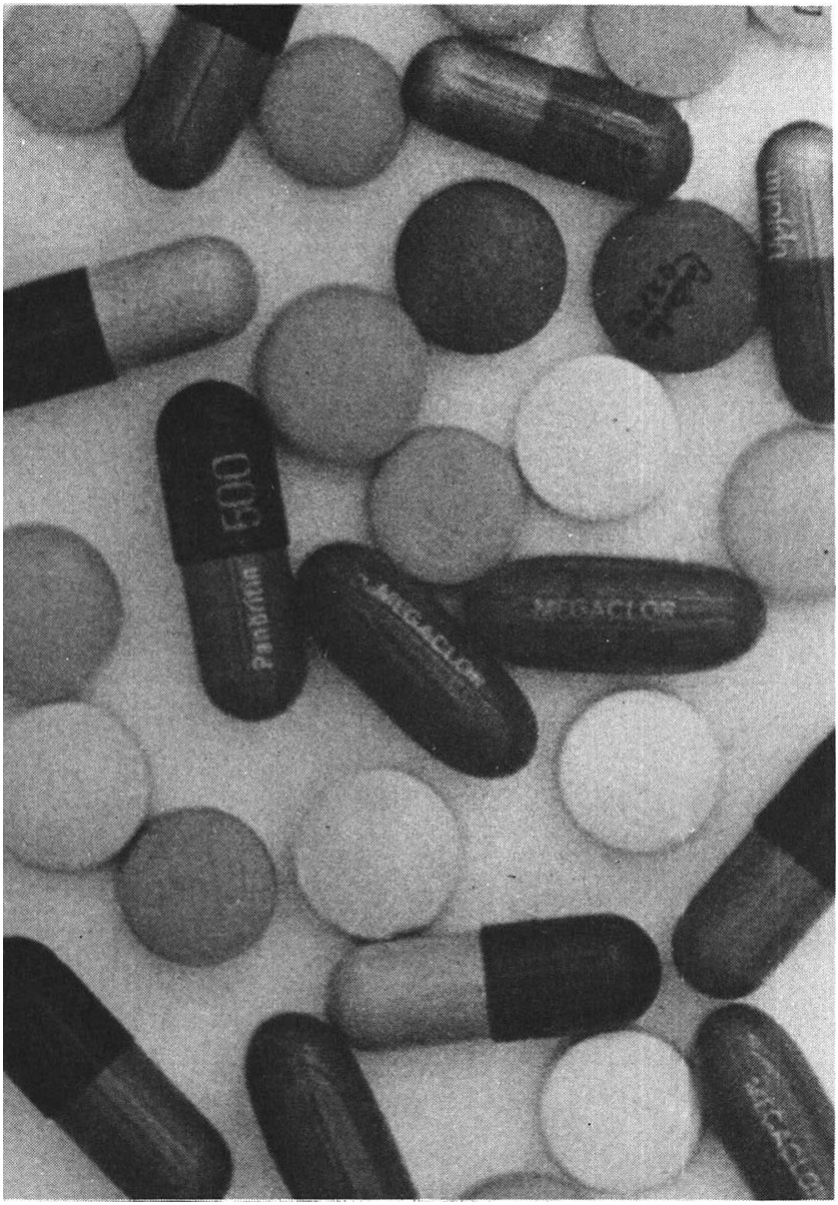


FIGURA 27. Diferentes presentaciones orales de los antibióticos.

No obstante que se cuenta con una enorme variedad de medicamentos, es conveniente señalar que su permanencia no es definitiva y que bien pueden ser sustituibles. Es decir, hasta el fármaco más beneficioso produce efectos adversos o perjudiciales que, dependiendo de su magnitud, pueden ser reversibles o irreversibles en el cuerpo humano. Esta situación sugiere la necesidad de una industria farmacológica eficaz e imaginativa que complementada con una ciencia médica responsable, habilidosa y competente logren encontrar fármacos que minimicen sus efectos adversos en los seres vivientes. En resumen, la investigación sobre los materiales es continua e inagotable.

LOS MATERIALES POLIMÉRICOS O PLÁSTICOS

Otro desarrollo importante logrado a través de las manipulaciones químicas de la materia lo alcanzó el hombre en la creación artificial de materiales poliméricos. Aunque la naturaleza los ha proveído en la celulosa de las plantas, en el látex del árbol del hule y en una gran variedad de ceras y resinas, no fue sino hasta los albores de este siglo cuando comenzó su producción masiva sintética.

El grupo de los materiales poliméricos artificiales comprende a los llamados comúnmente plásticos. Con este nombre, simple y general, se designa a estos materiales que influyen determinantemente en el modo de vida del hombre contemporáneo, y que presentan una serie de bondades muy apreciadas y valoradas, tanto desde el punto de vista tecnológico como del económico.

Los plásticos pueden ser moldeables cuando están fundidos y como sólidos retienen formas muy específicas. Por esta propiedad se advierte que existen muy pocos utensilios o artefactos que no estén fabricados o complementados con plásticos, en aplicaciones tan diversas como recipientes, cuerpos de bolígrafos, carrocerías de

automóviles y engranes de maquinaria. También se encuentran en forma de forros o aislamientos flexibles para alambres conductores de energía eléctrica; de fibras para telas, tapetes y vestidos y como envases y materiales de envoltura para comestibles y otros productos diversos.

Los materiales poliméricos son por regla general materiales orgánicos que tienen moléculas que agrupan a miles de átomos. Estas macromoléculas están formadas principalmente de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Aunque son moléculas muy grandes, sus estructuras no son complicadas, porque existe dentro de ellas un orden trascendental. Están formadas por la repetición de cientos o miles de veces de una unidad sencilla (denominada técnicamente monómero). Por esta situación se deriva sencillamente el nombre compuesto de polí-mero (poli: muchos; mero: vocablo derivado del latín cuyo significado es simple, puro, que no tiene mezcla de otra cosa).

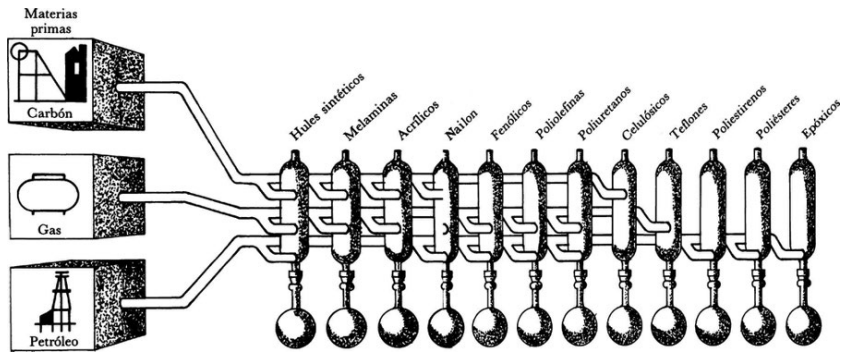


FIGURA 28. Esquema que muestra las diferentes fuentes de materia prima de los plásticos, y los principales tipos de plásticos.

Empleando la imaginación resulta fácil entender a un polímero y su estructura si se hace una analogía con una cadena formada por un gran número de eslabones. Esto porque una cadena no es sino un

sistema de polieslabones en donde se repite un eslabón idéntico al anterior para formar la cadena; en el polímero se repite el monómero las veces suficientes para alcanzar una molécula de gran tamaño o dimensión. Una aplicación de esta analogía permite entender fácilmente por qué el plástico más común de los últimos 20 años, que es el polietileno, es una molécula polimérica formada por la sucesión encadenada del monómero orgánico llamado etileno (C_2H_4).

Los plásticos ascendieron con paso firme en su ruta del éxito a partir de 1930, cuando demostraron su capacidad para sustituir materiales como los metales, vidrios, madera, cerámica, fibras naturales y tejidos orgánicos. En la actualidad su importancia es tan extensa y generalizada que su consumo ya rebasó el de los metales, y sin exageración, en los sectores de la transportación, construcción, producción de bienes de consumo, embalaje, aeronáutica y electrónica han penetrado con sobrado éxito técnico y económico.

Millares de polímeros han sido diseñados y fabricados en los laboratorios de investigación. Sin embargo, menos de un centenar de polímeros diferentes han alcanzado el éxito comercial al ser utilizados en la producción en masa. A estos plásticos de la primera generación se les conoce como plásticos de gran tonelaje y el clímax de su producción empieza a declinar en algunos casos. Los países industrializados han generado una nueva generación de estos materiales llamados plásticos de ingeniería que son más complejos y no están diseñados para hacerlos desechables, como los de la primera generación.

El cuadro IX presenta algunos de los plásticos más utilizados por la sociedad contemporánea, es decir aquellos que tienen la mayor producción a nivel mundial.

En resumen, la industria de los polímeros y su importancia en el contexto mundial ha tenido las siguientes características: a) ha gozado de excelente disponibilidad de materia prima (petróleo y gas natural principalmente); b) ha redituado magníficos rendimientos económicos después de cubrir costos de fabricación, manufactura y transformación; c) su producción es masiva y en la actualidad altamente automatizada; d) su tecnología de fabricación y transformación es sencilla en comparación con la necesaria para producir y transformar metales, vidrios o cerámicas; e) presenta la posibilidad de adecuar sus propiedades como material. Así, puede encargársele para aplicaciones específicas, por ejemplo, materiales inastillables, anisotrópicos, anticorrosivos o antiinflamables.

Desde este punto de vista, la industria de los polímeros sigue teniendo una alta capacidad de desarrollo y, en especial, para los países productores de petróleo debería representar una actividad estratégica y de mucho futuro por contar con la materia prima esencial de esta industria.

La problemática asociada con los materiales poliméricos o plásticos es tal que, dado su consumo tan masivo y su lenta biodegradabilidad, pueden ocasionar daños ecológicos importantes si no se dispone de ellos de manera apropiada.

CUADRO IX. Ejemplos de los materiales poliméricos más usados a nivel mundial.

Polietileno de alta densidad

Polietileno de baja densidad

Polipropileno

Poliestireno

Policloruro de vinilo

Polimetil metacrilato

Poliacrilonitrilo

Policarbonato

Tereftalato de polietileno

Acetato de polivinilo

Alcohol polivinílico

Acetato de celulosa

Carboximetil celulosa

Nailon

Copolímeros de estireno-acrilo-nitrilo

Copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno

Hules termoplásticos

Hules vulcanizados

Poliéster

Fenol-formaldehído

Epóxicos

Poliuretano

Alcídico

Urea-formaldehído

Melamina-formaldehído

Otra amenaza que representan los plásticos radica en que el petróleo y el gas natural, sus materias primas, son recursos no renovables. Por lo tanto, los plásticos pueden estar amenazados de extinción una vez que estos recursos se agoten.

Como los plásticos han hecho una irrupción irreversible en la sociedad tal que ya no podría imaginarse la vida sin estos materiales, sabemos que dadas nuestras necesidades de vestido y envases, la situación demográfica actual, con sus impresionantes cifras, tampoco podrá sustituirlos o suprimirlos de su hábitat. Por lo tanto, ésta será un área de desafío y de investigación obligada para la civilización.

LOS SEMICONDUCTORES

Por el camino de la física se han desarrollado de la misma manera avances trascendentales cuyos nacimientos también han encajado

con los comienzos del siglo XX. Éstos son los casos del descubrimiento y explotación de los electrones de la materia. Los electrones, partículas minúsculas de la materia, fueron descubiertos en 1897 por J. J. Thomson y su carga negativa fue medida poco tiempo después por Robert Millikan (1906). Lo interesante de estos descubrimientos es que una vez conjugados dieron origen al crecimiento de una industria que en este último cuarto de siglo amenaza con cristalizar en otra revolución industrial como la que se logró con la máquina de vapor. Esta industria, que depende de fenómenos netamente físicos, nació cuando se comprendió el comportamiento eléctrico de materiales aislantes como el silicio y el germanio contaminados con impurezas de arsénico o boro. El fenómeno logrado fue modificar a voluntad en estos materiales la transición de malos a buenos conductores de la corriente eléctrica y de ahí su nombre de semiconductores.

La materia prima para este tipo de materiales esta garantizada ya que, como vimos en el capítulo III, el silicio es un elemento muy abundante. Sin embargo, aunque no puede decirse que el germanio se encuentre en cantidades abundantes en la corteza terrestre, los transistores y circuitos integrados que se elaboran de germanio contaminado con arsénico o boro utilizan cantidades minúsculas, unos cuantos gramos, en su elaboración. Por lo que toca a los contaminantes, las cantidades son aún más pequeñas, porque una concentración típica de impurezas en los semiconductores es de una parte de arsénicos por 10 millones de partes de germanio.

En una analogía simplista, el funcionamiento de estos materiales puede pensarse igual que el acarreo de información (energía) y de espacios vacantes (nidos) y movimiento de electrones (pájaros) como en un bosque con pájaros y nidos en su interior. Así, los átomos no contaminados serían los árboles del bosque, sus impurezas los pájaros que tiene mucha movilidad, y los nidos los sitios vacantes donde se pueden acomodar las impurezas. La esencia del proceso de la semiconducción sería regular a voluntad el posicionamiento de nidos y la cantidad de pájaros en movimiento de un lugar a otro.

En sus comienzos, las características de los materiales semiconductores lograron demostrar su capacidad para cambiar su resistencia y amplificar con muchas ventajas señales eléctricas al igual que los bulbos, que habían significado un avance muy importante para la aparición de los métodos de comunicación y entretenimiento desde que fueron inventados en 1904.

En forma definitiva, en 1948 aparecieron los arreglos por capas de varios metales semiconductores a los que se les denominó transistores y cuyo objetivo fue desplazar a los bulbos. Los beneficios a la electrónica fueron por demás notables. Al desplazar a los bulbos, los transistores demostraron una serie de propiedades contrarrestantes por demás muy interesantes: 1) son mucho más pequeños y más ligeros que los bulbos; 2) no requieren de calentamiento alguno para funcionar y, por lo tanto, son más ahorradores de energía; 3) resisten más golpes y vibraciones que los bulbos, 4) no requieren de envolturas herméticas de vidrio para funcionar, y 5) tienen mayor vida útil y menos propensión a fallar.

Con el devenir de los años, la sociedad ha encontrado que el transistor constituye otra importantísima idea tecnológica de su civilización y que las múltiples innovaciones que han surgido con este material no tienen límites previsibles. Así, en 1900 no se conocía ningún objeto electrónico y ahora, en el último cuarto del siglo XX, la sociedad caería en un caos irreversible si desaparecieran o se alteraran, por un solo instante, toda la gama de artefactos que involucran a los semiconductores o controles electrónicos transistorizados. Por ejemplo, y con el fin de revisar un caso hipotético del tipo del ejemplo recién planteado, se tendría que, por principio de cuentas, pocos o ningún aparato de comunicación funcionaría. Tampoco los aviones ni muchos automóviles, ni las oficinas de ningún gobierno en el mundo. Del mismo modo, también quedarían inservibles los aparatos relacionados con la medicina, los negocios y la diversión. Este comentario da una idea del grado de infiltración que alcanzan los transistores y sus

derivados en el mundo del siglo XX.

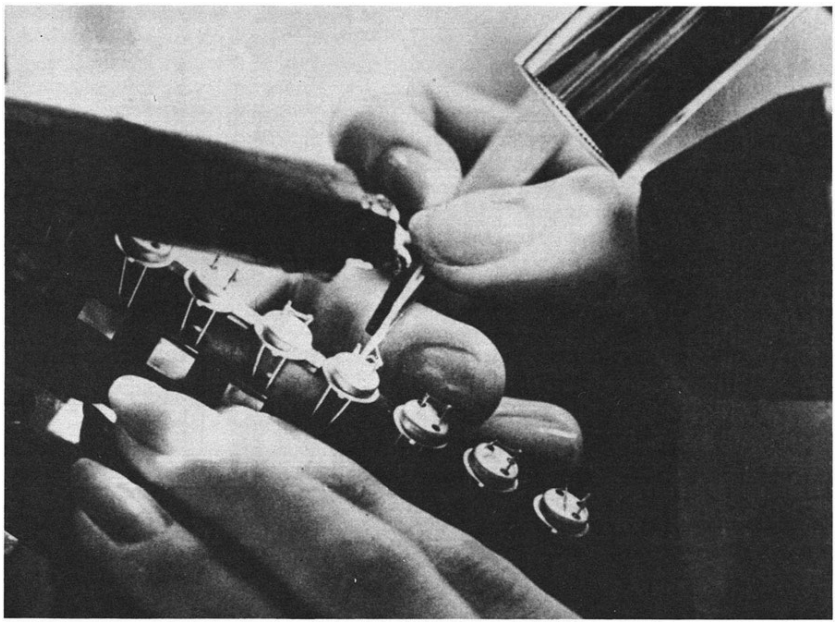


FIGURA 29. Un arreglo de siete transistores.

Otra aplicación trascendental de los materiales semiconductores está en la manufactura de celdas solares para convertir energía solar a eléctrica.

Volviendo a los transistores, la computadora es, en última instancia, una aplicación natural de los mismos, así como también la familiar calculadora de bolsillo. Para dar una idea más precisa acerca de la presencia de los transistores en estos aparatos diremos que se necesitan alrededor de 6 000 transistores individuales en cada calculadora de bolsillo para realizar únicamente todas las funciones aritméticas.

Las computadoras necesitan para su funcionamiento transistores y otra materia prima que es la información. Estos aparatos, conocidos actualmente como microprocesadores, conjugan armoniosamente los tres elementos claves de la civilización contemporánea: los materiales, la energía y la información. El ritmo de desarrollo de estos artefactos ha sido tan vertiginoso, que con la microrrobótica ya se vislumbra una revolución en el trabajo. Asimismo, se prevé un cambio notable en las relaciones sociales debido a que se tendrá un acceso expedito y generalizado a toda clase de información. En el mismo modo de vida se espera un cambio trascendental.

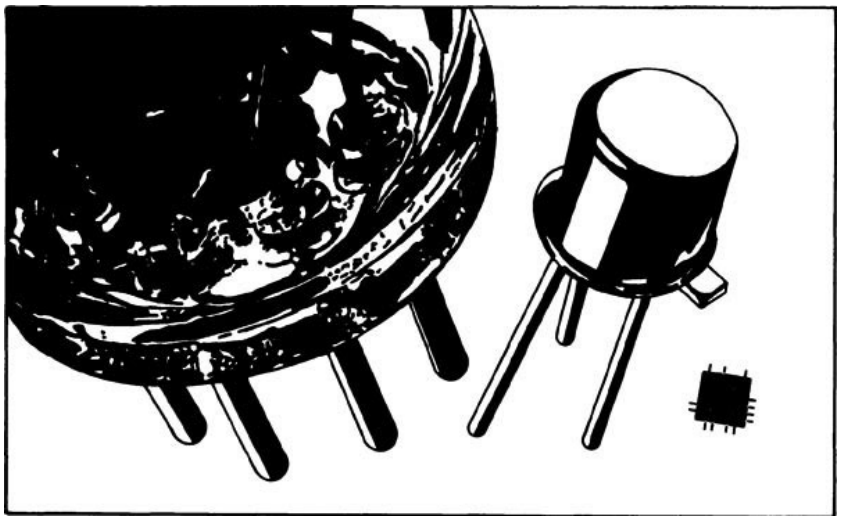


FIGURA 30. Ilustración de los diferentes tamaños de los materiales electrónicos; izquierda: bulbo (del que sólo se puede apreciar su base); centro: transistor con una envoltura protectiva; derecha: microcircuito de silicón que contiene más de 20 transistores.

Con el enfoque presentado en este capítulo puede concluirse que a la microelectrónica, con sus materiales tan complejos, se le considera como uno de los elementos configuradores de nuestro futuro próximo.

LOS COMBUSTIBLES NUCLEARES

En una sociedad cada vez más industrializada la necesidad mundial de incrementar la capacidad generadora de energía eléctrica en el planeta es un síndrome generalizado.

Con este esquema se hizo en la década de los setenta un inventario muy exhaustivo de todas las fuentes posibles de energía, así como de su disponibilidad limitada. Estas incluyen la solar, hidráulica y la eólica, la biomasa, etcétera. Como se contempla el agotamiento de otras (petróleo y gas natural), la situación fundamentó la necesidad de utilizar energía nuclear y desarrollar comercialmente la materia prima necesaria para el caso.

Los estudios prospectivos acerca de la necesidad de desarrollar la energía nuclear siempre han sido muy atractivos y convincentes en cuanto a los aspectos económico y de materia prima como puede verse:

1) Factor económico para un mismo contenido energético: el uranio necesario costaría siete veces menos que el equivalente de petróleo y cuatro veces menos que el equivalente de carbón.

2) Factor materia prima: los combustibles nucleares pueden ser fabricados por el hombre en lo que se conoce como reactores de cría, con lo que se garantizaría un recurso sin límites o renovable para las necesidades energéticas de la humanidad.

Con estos argumentos se ha sostenido que el desarrollo vigoroso de la energía nuclear no está a elección, sino que es una necesidad.

El esquema ha probado que se tiene la tecnología necesaria, a nivel industrial, para producir los combustibles nucleares que utiliza la fisión de las sustancias radiactivas para producir energía en los reactores nucleares. En la actualidad existen en el mundo más de 350 reactores nucleares que operan produciendo un porcentaje considerable de la electricidad generada (200 536 000 kilovatios). Este número de reactores es la cantidad remanente del número proyectado al inicio de los años setenta. Por esas fechas hubo 100 órdenes de reactores en sólo tres años y, en consecuencia, se pronosticó que funcionarían 1 500 reactores para el año 2000.

Un reactor nuclear se asemeja, dicho de manera muy burda, a una gran olla de agua a presión en cuyo centro o núcleo se amontonan como en un manojo varias decenas de miles de varillas de cuatro metros de longitud. Cada una contiene cilindros de uranio enriquecido o plutonio, que son los principales combustibles nucleares. Los cilindros miden alrededor del doble del grueso de un lápiz y tiene unos dos centímetros de longitud y en número total llega a haber unos ocho millones de cápsulas en el reactor.

Pese a sus diminutas dimensiones físicas, poseen un gigantesco equivalente energético, ya que cada cápsula equivale a una tonelada de carbón o a casi cuatro barriles de petróleo, y con un costo inferior a 10 dólares.

Sólo aquellos países que han podido producir bombas atómicas tienen bien entendida y asimilada la tecnología de la producción de los combustibles nucleares. Esta situación representa un monopolio más y otra brecha más entre los países desarrollados y aquellos en desarrollo.

La desventaja más seria que ha frenado la generalización de los reactores nucleares para el desarrollo de energía eléctrica ha sido el riesgo inminente y comprobado de los desechos de los combustibles, que siguen siendo materiales altamente radiactivos, y el peligro de accidente.

Con esta problemática se han formado mundialmente dos bandos, uno a favor de los reactores que argumenta que el problema de los desechos radiactivos será resuelto y que el riesgo de accidentes es estadísticamente confiable. Los argumentos en contra son muchos y también de peso. En todo el mundo, a excepción de Francia, se ha tenido accidentes con reactores en operación, y muy recientemente el accidente de Chernóbil, en la URSS, volvió a actualizar y a poner de manifiesto la posibilidad de falla técnica o humana de estos reactores. Éste es un debate que ha alcanzado el dominio de todos los ciudadanos del mundo.

Los reactores de cría se diferencian de los reactores convencionales en que son capaces de producir más combustible del que usan y actualmente se encuentran en operación en cuatro países. Estos reactores tienen la capacidad de multiplicar muchas veces los combustibles nucleares con los que cuenta el planeta. Sin embargo, transforman uranio en plutonio y, desgraciadamente, se teme que con unos cuantos kilogramos de este material se produzcan más bombas atómicas, o bien que tanto los diferentes tipos de reactores como sus combustibles se conviertan en objetivo del terrorismo.

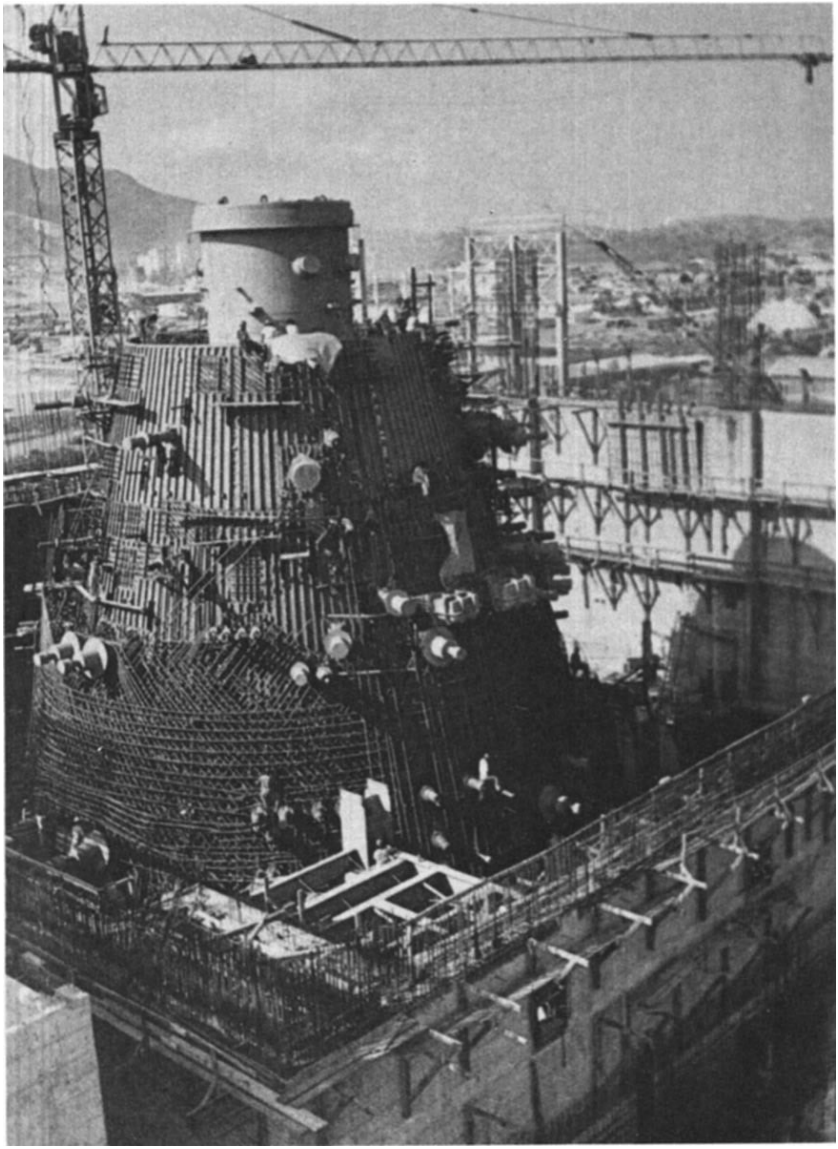


FIGURA 31. Vista parcial de la construcción del contenedor del reactor nuclear de Laguna Verde, Veracruz.

Con la problemática expuesta en esta sección y conjugando la

necesidad proyectada de energía y la evolución obligada de la ciencia e ingeniería de materiales, la utilización de la energía nuclear podrá, con muy altas probabilidades, remediar muchas de sus antiguas deficiencias.

No sería remoto que en lo futuro, aunado al desarrollo de nuevos materiales, se puedan exigir y proyectar para el campo de la energía nuclear aplicaciones de materiales ad hoc con especificaciones muy exigentes basadas en la experiencia acumulada y de sistemas de control de la más alta seguridad posible.

Dentro de este contexto se advierte que los combustibles nucleares que son materiales que han sido desarrollados durante este siglo (específicamente de 1940 a la fecha) plantean una problemática de utilización tal que presentan otro desafío a la civilización contempóranea.

En el siguiente capítulo adelantaremos algo acerca del porvenir de algunos de los nuevos materiales que apenas se están gestando en muchos laboratorios de investigación.

VII. La influencia de los materiales en la perspectiva mundial

Ni quito ni pongo rey,

pero ayudo a mi Señor.

BELTRÁN DU GUESCLIN

INTRODUCCIÓN

EN ESTE trabajo se ha reseñado, a lo largo de seis capítulos, la problemática que enfrentan y generan los materiales en todas las áreas del conocimiento. Asimismo, se ha mostrado el alto grado de actividad que existe en el campo de la investigación, desarrollo e innovación de materiales. Sin embargo, el futuro está bien definido en el caso de algunos temas, mas existen otros en los que hay muy pocas claves que sirvan de elementos de juicio para encauzar el ataque a su tan compleja problemática.

Específicamente los temas que se contemplan como trascendentales, pero cuya definición está apenas esbozada, son los siguientes:

a) Valoración del impacto de los nuevos materiales ya en etapa de producción sobre las industrias ya establecidas y convencionales.

b) Desarrollo de técnicas y de conocimientos para mejorar y optimizar los materiales tradicionales.

c) Programas de articulación para desarrollar los materiales del futuro, las industrias que los fabriquen y las profesiones y empleos a que darán lugar.

Con una alta probabilidad, por la dinámica adquirida por la civilización, la escasez de los materiales no incidirá sobre la materia prima misma sino sobre los individuos capacitados, que deberán encarar una problemática cada vez mas agudizada por el tiempo. Notoriamente, sin postergación alguna, todos los aspectos relacionados con la educación y la capacitación de las personas que emplearán los materiales, y la interrelación de éstos con la civilización deberán ser considerados como estratégicos y prioritarios. De otra manera la improvisación será fatal y su precio lastimosamente caro.

FIGURA 32. Diagrama esquematizado de los factores que modulan la influencia y alcances de la ciencia de materiales.

La figura 32 indica que la arena dentro de la que se dirimen y trascienden los efectos de las necesidades humanas y los materiales está acotada por las materias primas, el hábitat, el aspecto socioeconómico y la energía. En esencia, debería haber ojos avizores altamente capacitados y programas articulados dentro de estas cotas para normar lo mejor posible los desarrollos futuros.

Por otro lado, la tendencia tecnológica mundial avanza hacia la mayor complejidad tecnológica, lo que se conoce como know-how (saber cómo), esta tendencia se manifiesta en proporción inversa a la unidad de masa de producto. En otras palabras, es fácil entender que los componentes electrónicos miniaturizados como los transistores y microchips tienen una masa muy baja y un alto grado de refinamiento, a diferencia del cemento, que cuenta con mucha masa pero con un grado muy bajo de sofisticación.

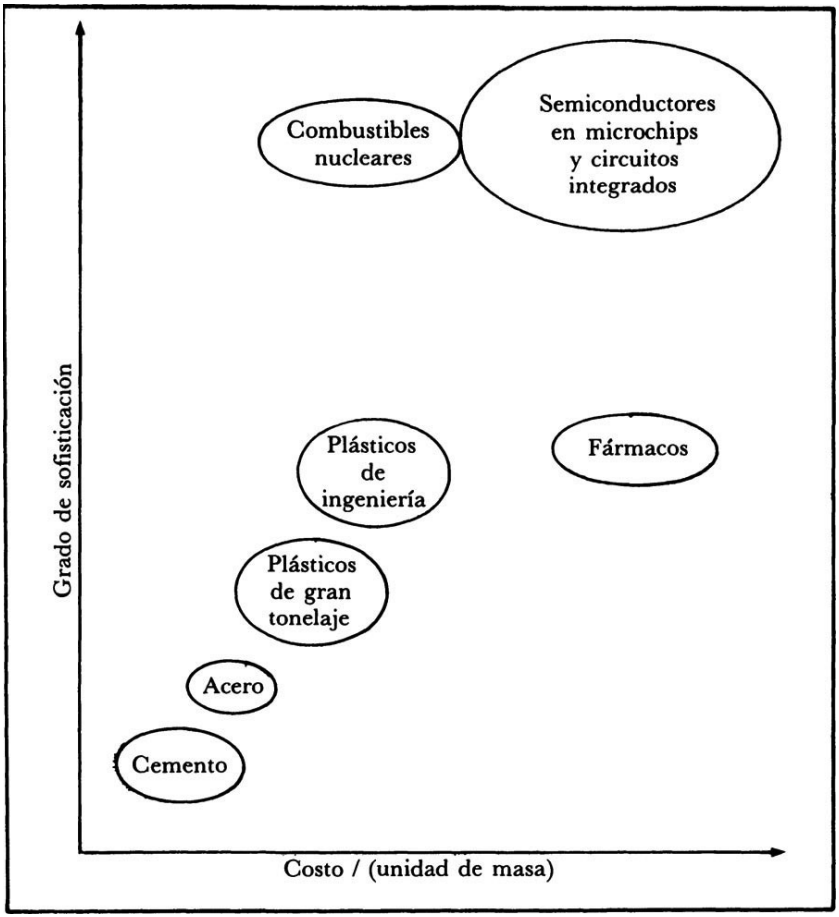


FIGURA 33. Diagrama esquemático de la distribución de los materiales en función de su grado de sofisticación y costo por unidad de masa.

La figura 33 muestra de manera esquemática la distribución de los materiales comentados en este libro en un diagrama de grado de complejidad técnica contra costo por unidad de masa de material. Este tipo de diagrama resulta ilustrativo y sirve para señalar las tendencias de los materiales en el futuro. La tecnología estará enfocada a generar materiales hacia el extremo superior izquierdo, ya que la región inferior derecha no será atractiva por ningún

concepto.

Retomando el caso en el que sí existen elementos suficientes para pronosticar las directrices de sus avances, el objetivo ideal de cualquier rama del campo de los materiales debería apuntarse hacia el logro de sistemas autónomos basados en lo posible en recursos inextinguibles para todo proceso práctico, en fuentes energéticas no contaminantes y con el compromiso de reciclar materiales del tipo no renovable. Además, también debería contemplarse una tecnología eficiente para la producción, transformación, preservación y almacenamiento de comestibles y el uso adecuado de la tierra y del agua. Esto es a sabiendas de que, aunque no sabemos cuándo, aguarda irremediablemente su agotamiento.

Por todos los elementos que acaban de describirse, una rama de mucho futuro será aquella que entienda de los recursos renovables y los organismos vivientes; además, deberá ser capaz de diseñar qué se necesita, proyectar las aplicaciones y decir cómo utilizar estos recursos. Tales son los campos de competencia de la biología y de la ingeniería que ya han sido obligados a casarse y fundirse en la rama de la bioingeniería. La breve descripción de esta rama de la ciencia dará el broche final al contenido de este libro.

BIOINGENIERÍA

La bioingeniería representa hasta el momento la manipulación más refinada de la materia que puede hacer el hombre en un laboratorio. Esta nueva área de investigación hace uso de las propiedades de las células vivientes, que pueden ser microorganismos y de células animales o vegetales, o bien de fracciones de éstas como las enzimas.

El atractivo de la bioingeniería es que puede mejorar, de acuerdo con las necesidades o impulsos del hombre, a organismos vivientes que a través de los tiempos ya modeló la naturaleza. Con esta herramienta se está proponiendo ganar el control de los procesos químicos y biológicos e iniciar la reconstrucción de los organismos de acuerdo con las necesidades o fantasías.

El riesgo de la bioingeniería es que la producción de microorganismos contraproducentes o dañinos no está fuera de posibilidad. Los escritores de ciencia ficción se han adelantado a esta disyuntiva. Aldous Huxley en su novela Un mundo feliz (1932) ya especulaba que la bioingeniería produciría legiones de autómatas para satisfacer las necesidades de esclavos para los hombres en el poder. Por otro lado, ya se han producido situaciones reales como el de las abejas asesinas que justifican la preocupación en contra de la bioingeniería. Sin embargo, al no haber una experiencia sólida en este campo, las valoraciones de la bondad o malignidad de un proceso sólo podrán hacerse a posteriori.

Ya se han reseñado en este libro algunos aspectos de la bioingeniería elemental como los fármacos, que han redituado principalmente antibióticos. Por otro lado, si para empezar sólo se aceptara formular las necesidades que debería atacar la bioingeniería, sin lugar a dudas habría muchas y todas muy relevantes. Por ejemplo, las que citamos a continuación.

En la medicina se espera que la bioingeniería pueda intercambiar secciones anómalas de genes por secciones sanas para lograr un tratamiento efectivo de cientos de enfermedades genéticas o hereditarias, como la hemofilia, el daltonismo, la diabetes, el retraso mental y otras.

En la agricultura se espera que pueda producir superalimentos por

medio del cultivo de nuevas especies de vegetales, granos y cereales. También se piensa modificar algunos cultivos con la capacidad que tienen las leguminosas para fijar el nitrógeno. Este tipo de plantas híbridas podrían así sintetizar su propio fertilizante.

En la ganadería, aunque ya se usan las técnicas de inseminación artificial, manejo de esperma y otras para el “mejoramiento” de las razas y el incremento de la producción de carne y leche, se esperaría que la bioingeniería produjera decenas de réplicas de células fertilizantes para producir ganado abundante y de la mejor clase.

Desde luego que la lista podría hacerse interminable. Para fijar una nueva aplicación parece ser que sólo basta formular un deseo y luego proponérselo a la bioingeniería. Hasta las aplicaciones bélicas han sido ya consideradas.

La presión para llevar a cabo este tipo de investigaciones es fuerte y va en aumento sobre todo en los países desarrollados. Bioquímicos, biólogos y especialistas de otros campos están trabajando a todo vapor en un área muy competitiva que seguramente producirá varios de los Premios Nobel del futuro próximo.

Después de haber comentado a lo largo de este libro todas estas engatusantes ideas acerca de los materiales ya sólo queda anunciar su fin. En tal sentido falta únicamente exponer las conclusiones generales.

CONCLUSIONES

Cada uno de los temas expuestos planteó, por sí mismo, para su solución buscar las condiciones que permitan continuar con el desarrollo de nuestra civilización. Por supuesto que la esperanza es generar soluciones que no produzcan cambios bruscos ni radicales y que se propicien los suficientes adelantos para lograr un uso más racional de los materiales. Asimismo, este ideal también debe tomar en cuenta a las generaciones futuras para que no hereden un planeta estéril e inhóspito y falto de todos aquellos recursos no renovables y sus sustitutos.

Como recopilación de toda la información expuesta, se tiene que la vida del hombre civilizado sería imposible sin el uso y la transformación de los materiales; que el uso de la materia es lo que le ha permitido al hombre aparecer como una especie dominadora de su hábitat y de sus semejantes y que es, además, el causante de sus modificaciones irreversibles. Debe agregarse que por primera vez en la historia de la humanidad y debido a la naturaleza guerrera de los humanos, la generación actual tiene en sus manos la tecnología suficiente como para autodestruirse totalmente mediante una guerra química, biológica o nuclear.

En virtud de lo expuesto, el uso de la materia ha determinado y determinará lo que el hombre ha sido y será capaz de engendrar en cualquier etapa de su historia; aun con la posibilidad de aniquilar toda forma de vida. Como ciudadanos del mundo, a todos los hombres nos corresponde vigilar la utilización que se les dé a todos los materiales que han forjado nuestro medio ambiente con el fin de evitar su derroche irracional y su mal uso.

ÍNDICE

I. ¿QUÉ SON LOS MATERIALES?

Introducción

¿Qué es un material?

Recursos renovables y no renovables

Ciclo de los materiales

Sistema económico y producto nacional bruto

Problemática de los materiales

Filosofía materialista

II. MATERIALES Y NECESIDADES HUMANAS

Introducción

Aspectos materiales interiores del hombre

Aspectos materiales exteriores del hombre

Cultura material

Materiales comestibles y combustibles

Materiales cultivables

Materiales forjables y moldeables

Transmutación de materiales (alquimia)

Materiales explosivos, magnéticos y para la impresión de libros

Materiales sintéticos: plásticos, semiconductores y combustibles nucleares

III. FUENTES NO RENOVABLES DE MATERIA PRIMA PARA LOS MATERIALES

Introducción

Hábitat y materiales

Materias primas para los materiales

Recursos minerales

Abundancia relativa de los minerales

Yacimientos

Clasificación de los minerales

Implicaciones y necesidades de producción de materiales derivados de recursos minerales no renovables

Problemática que presentaría el agotamiento de uno o más recursos no renovables

La lógica de la demanda exponencial de los recursos no renovables

Otras probabilidades

IV. FUENTES RENOVABLES DE MATERIA PRIMA PARA LOS MATERIALES

Introducción

La problemática de los cultivos

V. CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Introducción

La relevancia de la tecnología

La ciencia de los materiales

VI. MATERIALES DEL SIGLO XX

Introducción

Los fármacos

Los materiales poliméricos o plásticos

Los semiconductores

Los combustibles nucleares

VII. LA INFLUENCIA DE LOS MATERIALES EN LA PERSPECTIVA MUNDIAL

Introducción

Bioingeniería

Conclusiones

El uso de la materia por el hombre ha sido siempre la actividad inspiradora de la civilización. Toda vez que el desarrollo de las sociedades depende de la satisfacción de diversas necesidades —alimentarias, de transporte o de comunicación—, el esfuerzo de la humanidad por cumplir con esas demandas ha causado que las materias primas utilizadas sufran modificaciones y adecuaciones, lo que ha permitido el desarrollo de la industria y la tecnología en todas las épocas. Carlos Rangel realiza en esta obra un recorrido, desde las perspectivas social, económica, política y científica, por las propiedades y características de los materiales, desde los de origen natural —madera y cultivos, por ejemplo—, hasta las materias artificiales más modernas, como los químico-polímeros, semiconductores y combustibles nucleares.

Carlos E. Rangel Nafaile cursó la licenciatura y la maestría en la UNAM y se doctoró como ingeniero químico por la Universidad de Delaware, Estados Unidos. En la UNAM se desempeña como investigador del Instituto de Investigaciones de Materiales y como profesor en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Ha publicado trabajos científicos en el área de procesamiento, reciclado, materiales compuestos y aplicaciones de plásticos.

LA CIENCIA PARA TODOS

29

SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

www.fondodeculturaeconomica.com